

전부 도재관용 코핑(coping) 재료의  
표면처리에 따른 복합레진과의  
인장결합강도

연세대학교 대학원  
치의학과  
김 보 경

전부 도재관용 코핑(coping) 재료의  
표면처리에 따른 복합레진과의  
인장결합강도

지도교수 이 근 우

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2004년 7월 일

연세대학교 대학원

치의학과

김 보 경

# 김보경의 석사 학위논문을 인준함

심사위원\_\_\_\_\_인

심사위원\_\_\_\_\_인

심사위원\_\_\_\_\_인

연세대학교 대학원

2004년 7월 일

## 감사의 글

이 논문이 완성되도록 끊임없는 지도와 격려를 보내주신 이근우 교수님께 진심으로 감사드리며, 귀중한 조언과 심사에 도움을 주신 박성호 교수님, 심준성 교수님께도 깊은 감사를 드립니다. 따뜻한 관심과 조언으로 항상 지켜봐 주신 이호용 교수님, 정문규 교수님, 한동후 교수님, 한종현 교수님, 문홍석 교수님, 황선홍 교수님, 배은경 선생님, 이재훈 선생님께도 감사를 드립니다.

본 연구를 위한 실험에 많은 편의를 제공해 주신 김광만 교수님과 이상배 선생님을 비롯한 치과생체재료공학 교실원 여러분께도 감사를 드립니다.

결에서 항상 지켜보며 힘이 되어 준 상화형, 재한, 성태, 지원, 유나, 승민 등 동기들과 보철과 의국원들에게도 감사의 마음을 전합니다.

오랜 기간 만남을 지속하며 항상 서로에게 힘이 되어주는 정철, 주희, 용순, 윤석, 재준에게, 특히 바쁜 와중에도 모자란 친구의 통계처리를 위해 신경써준 병운에게 깊은 감사의 마음을 전합니다.

끝으로 지금까지 보살펴 주시고 지켜봐 주신 아버님, 어머님, 동생 민경, 장모님, 장인어른, 현주 처제와 큰 위안과 힘이 되어주고 앞으로도 되어줄 사랑하는 희진과 이 작은 기쁨을 함께 나누고 싶습니다.

2004년 7월

저자 씀

# 차 례

그림 및 표 차례 -----	ii
국문요약 -----	iv
I. 서론 -----	1
II. 실험재료 및 방법 -----	5
1. 도재 시편의 제작 -----	5
2. 도재 시편의 표면처리 -----	8
3. 복합레진과의 결합 -----	10
4. 인장결합강도의 측정 -----	11
5. 주사전자현미경 관찰 -----	12
6. 통계분석 -----	12
III. 연구 결과 -----	13
IV. 총괄 및 고찰 -----	21
V. 결 론 -----	26
참고문헌 -----	28
영문요약 -----	34

## 그림 차례

- Fig 1. Ceramic block (10×10×2mm) prepared for surface treatments and bonding with composite resin
- Fig 2. Ceramic block embeded in acrylic resin
- Fig 3. Microetcher(Danville Engineering, San Ramon, CA, USA): Instrument connected to the dental unit for intraoral air-abrasion
- Fig 4. Sample set in universal testing machine for tensile bond strength
- Fig 5. Tensile bond strength for combination of ceramic and surface preparation
- Fig 6. Tensile bond strength for combination of ceramic and surface preparation
- Fig 7. Scanning electron microscopic view of ceramic surface after sandblasting: A, B, C, and D feldspathic ceramic, lithium-disilicate ceramic, alumina ceramic, zirconia ceramic, respectively (×5000)
- Fig 8. Scanning electron microscopic view of ceramic surface after sandblasting and etching: A, B, C,

and D feldspathic ceramic, lithium-disilicate ceramic, alumina ceramic, zirconia ceramic, respectively ( $\times 5000$ )

Fig 9. Scanning electron microscopic view of ceramic surface after silica coating: A, B, C, and D feldspathic ceramic, lithium-disilicate ceramic, alumina ceramic, zirconia ceramic, respectively ( $\times 5000$ )

Fig 10. Scanning electron microscopic view of fractured surface after tensile bond strength test( $\times 20$ )

Fig 11. Schematic diagram for silica coating procedure

## 표 차례

Table 1. Ceramic materials tested

Table 2. Summary of ceramic materials and surface preparation

Table 3. Result of 2-way analysis of variance

Table 4. Summary of tensile bond strength for combination of ceramic and surface preparation

## 국 문 요 약

### 전부 도재관용 코핑(coping)재료의 표면처리에 따른 복합레진과의 인장결합강도

심미적인 이유로 사용이 증가하고 있는 전부 도재 수복물은 임상적으로 장식형 도재에서의 파절이 문제가 되고 있다. 도재의 파절이 일어났을 때 파절된 도재 수복물을 복합레진을 이용해 구강 내에서 수리하는 방법을 사용할 수 있지만 전부 도재 수복물의 코핑을 이루는 강화형 도재들의 경우 기존 장식형 도재에 비해 표면 경도가 우수하여 알루미나 분사, 불산을 이용한 산부식으로 도재의 표면을 충분히 거칠게 하기 어렵고, 알루미나, 지르코니아의 첨가로 기존 장식형 도재의 주요 구성성분인 실리카의 함량이 낮거나 함유되지 않아 실란 결합제가 효과적으로 작용하지 못하므로 복합레진과의 결합에 문제가 있다고 보고되고 있다.

본 연구의 목적은 지금까지 도재와 레진간의 결합강도에 관한 여러 연구에서 다루어지지 않은 전부 도재 수복물의 코핑 재료인 리튬 다이실리케이트 도재, 알루미나 도재, 지르코니아 도재에 알루미나 분사, 불산에 의한 산부식과 실리카 코팅 기술에 의한 표면처리를 시행한 후 복합레진과의 인장결합강도를 비교하여 임상에서 전부 도재 수복물의 도재 파절로 코핑이 노출된 경우 수복물을 제거하지 않고 구강 내에서 직접 복합레진을 이용하여 파절 부위를 수리할 수 있는 가능성과 수리시 각각의 코핑 재료에 가장 타당한 표면처리 방법을 찾고자 하였다.

실험과정상의 한계점이 있지만 본 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.



1. 리튬 다이실리케이트 도재에서는 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 군의 인장결합강도가  $17.69 \pm 2.51 \text{Mpa}$ 로 알루미늄 분사 처리를 한 군( $12.91 \pm 2.04$ )과 실리카 코팅 처리를 한 군( $11.74 \pm 1.20 \text{Mpa}$ )보다 통계학적으로 유의하게 높았다.
2. 알루미늄 도재에서는 실리카 코팅 처리를 한 군의 인장결합강도가  $18.56 \pm 1.94 \text{Mpa}$ 로 알루미늄 분사 처리를 한 군( $9.96 \pm 1.16 \text{Mpa}$ )과 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 군( $9.74 \pm 1.23 \text{Mpa}$ )보다 통계학적으로 유의하게 높았다.
3. 지르코니아 도재에서는 실리카 코팅 처리를 한 군의 인장결합강도가  $17.25 \pm 2.23 \text{Mpa}$ 로 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 군( $6.51 \pm 1.13 \text{Mpa}$ )과 알루미늄 분사 처리를 한 군( $6.18 \pm 1.26 \text{Mpa}$ )보다 통계학적으로 유의하게 높았다.
4. 장식형 도재에서는 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 군의 인장결합강도가  $18.90 \pm 2.39 \text{Mpa}$ 로 알루미늄 분사 처리를 한 군( $14.81 \pm 2.22 \text{Mpa}$ )과 실리카 코팅 처리를 한 군( $13.10 \pm 2.30 \text{Mpa}$ )보다 통계학적으로 유의하게 높았다.
5. 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 장식형 도재군의 인장결합강도가  $18.90 \pm 2.39 \text{Mpa}$ , 실리카 코팅 처리를 한 알루미늄 도재군이  $18.56 \pm 1.94 \text{Mpa}$ , 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 리튬 다이실리케이트 도재군이  $17.69 \pm 2.51 \text{Mpa}$ , 실리카 코팅 처리를 한 지르코니아 도재군이  $17.25 \pm 2.23 \text{Mpa}$ 로 가장 높은 인장결합강도를 나타냈으며 통계학적 유의차는 없었다.

3가지 전부 도재관용 코핑 재료의 복합레진과의 인장결합강도가 대조군인 장식형 도재와 복합레진간의 인장결합강도와 통계학적 유의차가 없다는

결과를 토대로 전부 도재 수복물의 도재 파절로 코핑이 노출된 경우 구강 내에서 복합레진을 이용하여 파절 부위를 수리할 수 있고, 수리시 코핑 재료가 리튬 다이실리케이트 도재인 경우 알루미나 분사와 산부식 처리, 알루미나 도재나 지르코니아 도재인 경우 실리카 코팅 처리를 하는 것이 가장 효과적이라고 사료된다.

---

핵심되는 말 : 전부도재관용 코핑, 리튬 다이실리케이트 도재, 알루미나 도재, 지르코니아 도재, 표면처리, 인장결합강도, 복합레진, 도재 파절, 구강내 수리

# 전부 도재관용 코핑(coping)재료의 표면처리에 따른

## 복합레진과의 인장결합강도

<지도교수 이근우>

연세대학교 대학원 치의학과

김보경

### I. 서론

1886년 Land에 의해 최초의 도재 수복물이 사용된 이래로 금속 수복물에 비해 우수한 심미성과 생체 친화성, 기능성을 겸비한 도재 수복물은 오랜 기간 널리 사용되고 있다. 하지만 기존의 도재 소부 수복물은 내부 구조를 이루는 금속으로 인해 자연치아의 재현에 있어 심미적 한계가 있어 이를 극복하기 위해 전부 도재 수복물이 개발되었고, 도재의 단점인 취성과 낮은 인장강도를 개선하기 위해 실리카(silica)대신 백류석(leucite), 리튬 다이실리케이트(lithium disilicate), 알루미늄(Aluminum oxide), 지르코니아(zirconium oxide)등을 이용한 강화형 도재 재료들이 등장하면서, 전치부 단일치아 수복에 국한되던 전부 도재 수복물의 사용이 구치부 수복, 고정성 국소의치 분야까지 확대되고 있다. 이러한 전부 도재 수복물은 임상적으로도 높은 장기간 성공률이 보고 되고 있다. (Blatz 2002, Olsson 등 2003)

하지만 도재는 교합력, 외상, 내부기포 등의 여러 요인에 의해 구강 내에서 파절이 일어날 가능성이 있어 임상적으로 기존의 금속 도재 수복물의 실패원인 중 가장 큰 부분을 차지하고 있다. (Barreto 1984) 전부 도재 수복물 역시 여러 회사의 많은 제품이 사용되고 있지만 대부분의 형태는 기계적 성질이 우수한 강화형 도재로 코핑(coping)을 이루고, 심미성을 위해

장석형 도재를 이 코핑 위에 소성하는 형태이기 때문에 임상적으로 장석형 도재에서의 파절이 문제가 되고 있다.(Dong 등 1992, Probst과 Diehl 1992)

전부 도재 수복물의 외부 장석형 도재에서 파절이 일어나는 경우 외부에서 시작된 미세균열이 내면으로 진행되어 코핑과의 계면까지 이르러 장석형 도재의 탈락과 코핑의 노출을 일으킬 수 있다. (Kelly 등 1990, Thompson 등 1994, Wakabayashi과 Anusavice 2000)

도재의 파절이 일어났을 때 기존 수복물을 제거하고 새로운 수복물을 제작하는 것을 우선 고려해야 하겠지만 이는 지대치에 가해지는 추가적인 손상, 추가적인 비용과 시간의 소비로 치과의사와 환자 모두에게 이로운 일이 아니다. 그래서 파절된 금속 도재 수복물을 복합레진을 이용해 구강 내에서 수리하는 방법이 소개되어 사용되기 시작하였다. (Deheny 등 1998, Zhukovsky 등 1996)

구강 내에서 파절된 금속 도재 수복물을 복합레진으로 수리할 때 가장 큰 문제는 화학적으로 구성성분이 다른 도재와 복합레진 간에 구강 내 환경에서 유지될 수 있는 정도의 결합력을 얻는 것이었다. 금속 도재 수복물에 사용되는 기존의 장석형 도재의 경우 많은 연구들이 진행되어 복합레진과의 결합 시 알루미늄( $Al_2O_3$ ) 분말의 분사(sandblasting), 불산을 이용한 산부식으로 도재 표면을 거칠게 하여 접촉면적을 넓혀 기계적 유지력을 얻고, 복합레진과 도재에 모두 결합할 수 있는 독특한 분자구조를 가진 실란 결합제(silane agent)를 이용하여 화학적 유지력을 얻는 방법이 추천되고 있다. (Kupiec 등 1996, Pameijer 등 1996) 하지만 전부 도재 수복물의 코핑을 이루는 강화형 도재들의 경우 기존 장석형 도재에 비해 표면 경도가 우수하여 알루미늄 분사, 불산을 이용한 산부식으로 도재의 표면을 충분히 거칠게 하기 어렵고, 알루미늄, 지르코니아의 첨가로 기존 장석형 도

재의 주요 구성성분인 실리카의 함량이 낮거나 함유되지 않아 실란 결합재가 효과적으로 작용하지 못하므로 복합레진과의 결합에 문제가 있다고 보고되고 있다. (Della Bona 등 2000, Awliya 등 1998, Kern과 Thompson 1995, Kern과 Wegner 1998)

이 문제의 해결을 위해 Frankenberger 등 (2000), Edelhoff 등 (2001)은 실리카 코팅(silica coating) 기술의 구강 내 사용을 언급하였다. 실리카 코팅은 기공실에서 금속기공물에 복합레진을 결합시키기 위해 사용하던 방법으로 실리카 산(silica acid) 처리된 알루미늄 분말을 금속 표면에 분사하여 표면을 거칠게 하여 기계적 유지력을 얻고 금속표면에 실리카 성분을 띠게 하여 실란 결합재를 통해 복합레진과의 화학적 결합도 얻기 위한 방법인데 (Hummel 등 1994, Schnider 등 1992), 치과용 유닛(unit chair)에 연결하여 사용할 수 있는 분사 기구에 실리카 산 처리된 알루미늄 분말을 사용하는 방법이 소개된 것이다. 하지만 사용가능성에 대한 언급만 있을 뿐 실험적인 검증은 아직 이루어지지 않은 상태여서 본 연구에서 실험해 보고자 하였다.

복합레진과 도재간의 결합강도의 측정 방법에 있어 많은 연구 (Appeldoorn 등 1993, Suliman 등 1993, Thurmond 등 1994, Aida 등 1995, Kupiec 등 1996, Awliya 등 1998)에서 전단결합강도를 측정해 왔지만, Della Bona (1995)가 실험을 통해 복합레진과 도재간의 결합강도 실험 시 인장결합강도 측정의 타당성을 제기했기 때문에 본 연구에서는 인장결합강도를 측정하여 비교하기로 하였다. Della Bona는 전단결합강도의 경우 결합강도 측정 시에, 결합된 두 물질사이의 계면이 아닌 두 물질 중 부피가 큰 물질 내에서 주로 파절이 일어나기 때문에 서로 다른 두 물질의 계면에서의 결합력보다는 부피가 큰 물질자체의 전단강도에 의해 측정치가 영향을 받을 수 있으므로 복합레진과 도재간의 결합강도 측정에는 적

당치 못하다고 하였다.

본 연구의 목적은 지금까지 도재와 레진간의 결합강도에 관한 여러 연구에서 다루어지지 않은 전부 도재 수복물의 코핑 재료인 리튬 다이실리케이트 도재, 알루미나 도재, 지르코니아 도재에 알루미나 분사, 불산에 의한 산부식과 실리카 코팅 기술에 의한 표면처리를 시행한 후 복합레진과의 인장결합강도를 비교하여 임상에서 전부 도재 수복물의 도재 파절로 코핑이 노출된 경우 수복물을 제거하지 않고 구강 내에서 직접 복합레진을 이용하여 파절 부위를 수리할 수 있는 가능성과 수리시 각각의 코핑 재료에 가장 타당한 표면처리 방법을 찾고자 함이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 도재 시편의 제작(Table 1.)

현재 임상에서 사용되는 전부 도재관용 코핑 재료 중 화학적 구성성분이 다른 3가지 도재, 즉 리튬 다이실리케이트 도재(IPS Empress 2, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein), 알루미나 도재(In-Ceram Alumina, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany), 지르코니아 도재(Zi-Ceram, Dental Graphics Co, Seoul, Korea)로 가로, 세로 10mm, 높이 2mm의 직육면체 시편(Fig 1.)을 재료 당 30개씩 총 90개 제작하고, 장식형 도재(Duceram Plus, shade DA2, Dental GmbH & Co. KG, Germany)로 같은 크기의 시편을 30개 제작하였다.(Table 1.)



Fig 1. Ceramic block (10×10×2mm) prepared for surface treatments and bonding with composite resin

장식형 도재 시편은 비닐 폴리실록산(putty type vinyl polysiloxane) 인상재(Exafine, GC Co, Tokyo, Japan)에 시편과 같은 크기인 가로, 세로 10mm, 깊이 2mm의 공간을 형성하여 혼합된 도재 분말과 액을 이 공간 내에 다져 넣고 수분을 적당히 없애서 굳힌 후 제거하여 소성하여 제작하였다. 리튬 다이실리케이트 도재 시편은 IPS Empress 2 전용 왁스(S-U-Dental wax, Schuler Dental, Ulm, Germany)로 시편과 같은 크기

Table 1. Ceramic materials tested

Type	Brand name	Composition	Manufacturer
Feldspathic ceramic	Duceram Plus	SiO <sub>2</sub> 60% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 20% Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ZnO	Dental GmbH & Co., KG, Germany
Lithium disilicate ceramic	IPS Empress 2	SiO <sub>2</sub> 60% Li <sub>2</sub> O 15% K <sub>2</sub> O P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein
Alumina ceramic	In-Ceram Alumina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 85% La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub> CaO	Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany
Zirconia ceramic	Zi-Ceram	ZrO <sub>2</sub> (Y-stabilized) Coloring oxides(<1wt%)	Dental Graphics Co, Seoul, Korea

의 직육면체 형태를 만든 후, 전용 매몰제(IPS Empress 2 Speed, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein)로 매몰하여 소환한 후, 1150°C에서 녹은 IPS Empress 2 ingot을 압력을 가해 wax가 소환된 공간으로 밀어 넣어 제작하였다. 알루미나 도재 시편은 In-Ceram Alumina 전용 분말과 액을 지시대로 혼합한 후 시편크기의 직육면체 형태를 만들어 1120°C에서 10시간동안 1차 소성하여 알루미나 성분의 뼈대를 만들고, 이 뼈대에 유리(glass) 분말을 적용하고 1100°C에서 4시간동안 2차 소성해서 알루미나 성분의 뼈대에 녹은 유리를 침투시켜 제작하였다. 지르코니아 도재는 지르코니아 분말(Tosoh Co. Tokyo, Japan)을 소량의 산화 철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 분말과 혼합 후 고른 입자 크기를 얻기 위해 분쇄하고 0.5-0.6톤의 압력을 가하여 블록 형태를 만든 후 진공상태에서 1.5-2.0톤의 압력으로 전방위 압축을 하여 850-1200°C사이에서 1차 소결한 후 시편 형태로



가공하고 1500℃에서 2차 소결하여 제작하였다.

완성된 120개의 도재 시편은 인장결합강도 측정 실험의 편의를 위해 지름 30mm, 높이 30mm 크기의 원기둥 형태로 아크릴릭 레진(acrylic resin)에 포매하였다.(Fig 2.)

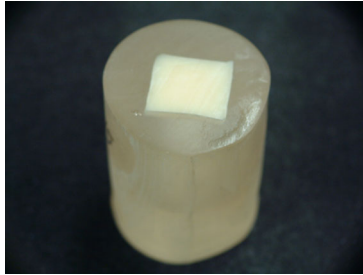


Fig 2. Ceramic block embedded in acrylic resin

## 2. 도재 시편의 표면처리 (Table 2.)

30개씩 제작한 장식형 도재 시편과 3가지 강화형 도재 시편은 각 재료 당 10개씩 무작위로 3개의 군으로 나누어 각기 다른 표면처리를 시행하였다.

알루미나 분사군(A군)은 구강 내에서 사용 가능한 분사 기구(Microetcher, Danville Engineering, San Ramon, CA, USA)(Fig 3.)를 사용해 50 $\mu$ m의 알루미나 분말을 도재 표면에서 5-10mm 거리에서 5초정도 40psi로 분사해 표면처리를 시행하고 표면에 남은 알루미나 분말을 물과 공기로 씻어내고 건조시켰다.



Fig 3. Microetcher (Danville Engineering, San Ramon, CA, USA): Instrument connected to the dental unit for intraoral air-abrasion

알루미나 분사/산부식군(B군)은 구강 내에서 사용 가능한 분사 기구를 사용해 50 $\mu$ m의 알루미나 분말을 도재 표면에서 5-10mm 거리에서 5초정도 40psi로 분사하고 표면에 남은 알루미나 분말을 물과 공기로 씻어내 건조시킨 후, 4% 불산(Porcelain Etchant, Bisco Inc, Schaumburg, IL, USA)을 도재 표면에 5분간 적용하여 산부식을 시행한 후 물과 공기로 씻어내고 건조시켰다.

실리카 코팅군(C군)은 구강 내에서 사용 가능한 분사 기구에 실리카 산

로 처리된 30 $\mu$ m 크기의 알루미나 분말(Rocatec Soft, 3M ESPE. AG, Seefeld, Germany)을 넣고 도재 표면에서 5-10mm 거리에서 5초정도 40psi로 분사하고 표면에 남은 알루미나 분말을 물과 공기로 씻어내 건조시켰다.

Table 2. Summary of ceramic materials and surface preparation

Ceramic material	Group	Surface preparation	Pretreatment
Feldspathic ceramic	FA	Sandblasting	
	FB	Sandblasting / Etching	
	FC	Silica coating	
Lithium-disilicate ceramic	EA	Sandblasting	Silane
	EB	Sandblasting / Etching	bonding agent
	EC	Silica coating	
Alumina ceramic	IA	Sandblasting	Primer &
	IB	Sandblasting / Etching	Bonding resin
	IC	Silica coating	
Zirconia ceramic	ZA	Sandblasting	
	ZB	Sandblasting / Etching	
	ZC	Silica coating	

### 3. 복합레진과의 결합 (Table 2.)

표면처리를 마친 120개의 도재 시편에 복합레진과의 결합을 위해 동일한 전처치를 하였다. 표면처리된 도재 표면에 실란 결합제(ESPE sil, 3M ESPE. AG, Seefeld, Germany)를 바르고 10초간 건조시킨 후, 레진 접착제(One-Step, Bisco Inc, Schaumburg, IL, USA)를 바르고 10초간 광중합 시켰다.

같은 크기로 원기둥 형태의 복합레진 시편을 만들기 위해 지름 5mm의 캡슐(capsule)(Eli Lily and Co, Indianapolis, IN, USA)을 준비하고 캡슐 양쪽에 구멍을 뚫어 교정용 철사를 고리형태로 끼워 넣었다. 준비된 캡슐에 복합레진(Z100 Restorative, Shade A1, 3M Company, St.Paul, MN, USA)을 약간 과량으로 다져넣고, 표면처리와 전처치를 마친 도재 표면에 압력을 주어 위치시킨 후, 4방향에서 45° 각도로 40초씩 광조사기(XL 3000, 3M Company, St.Paul, MN, USA)로 광중합하였다. 결합된 120개의 도재-복합레진 시편은 생리적 식염수에 72시간동안 보관하였다.

#### 4. 인장결합강도의 측정

인장결합강도 측정을 위한 고정체를 측정기계(Universal testing machine Model 6022, Instron Co, Canton, MA, USA)의 상하부에 연결하고 복합레진과 결합된 도재 시편의 아크릴릭 레진 부분을 하부 고정체에 고정시켰다. 상부 고정체에 복합레진 시편에 연결된 고리 형태의 교정용 철사를 걸고 2mm/min 속도로 과절이 일어날 때까지 인장력을 가하여 인장결합강도를 측정하였다.(Fig 4.)

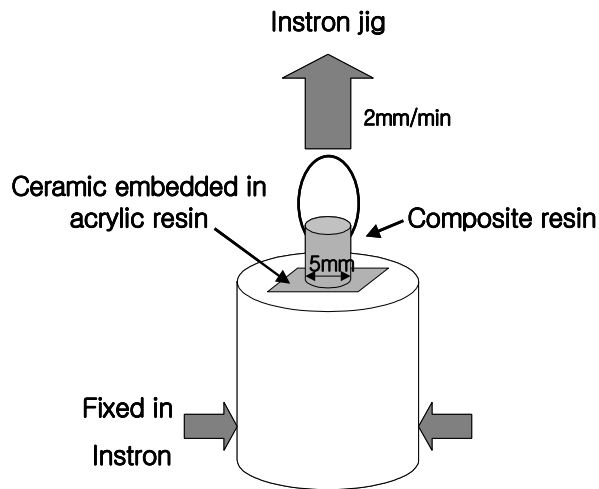


Fig 4. Sample set in universal testing machine for tensile bond strength

## 5. 주사전자현미경 관찰

실험조건에 따라 표면처리된 각 시편의 표면 미세구조와 인장결합강도 측정 후 파절된 양상을 알아보기 위해 도재 표면을 주사전자현미경 (JSM-T2000, JEOL, Tokyo, Japan)을 사용하여 각각 5000배, 20배 배율로 관찰하였다.

## 6. 통계분석

본 연구의 통계분석을 위하여 SPSS 11.0 for Windows 프로그램(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 우선 측정치에 대해 평균, 표준편차등 기계적 통계량을 구한 후 등분산 검정을 통해 5% 유의수준 하에서 모분산이 동일하다고 판단되어 3가지 재료와 3가지 표면처리에 대해 2-way ANOVA를 실시하여 재료와 표면처리라는 인자간에 상호작용이 있는지 판단하였다. 사후분석으로 5% 유의수준 하에서 1-way ANOVA 와 Duncan's multiple comparison test를 통해 12개 군의 인장결합강도를 분석하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 인장결합강도

Table 3. Result of 2-way analysis of variance

Source	df	Sum of squares	Mean square	F value	P value
Material	3	514.490	172.497	48.128	.000
Preparation	2	353.089	176.544	49.545	.000
Material × Preparation	6	1322.454	220.409	61.855	.000

Table 3.을 보면 2-way ANOVA 결과, 인장결합강도가 도재 종류와 표면처리, 두 인자간의 상호작용에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. (P<.001)

그러므로 상호작용 자체에 대한 분석을 위해 도재 종류 4가지, 표면처리 3가지의 조합으로 총 12개의 군을 가지고, 군간 평균의 차이를 5% 유의수준 하에서 Duncan's multiple comparison test로 분석하였다.(Table 4.)

Table 4.를 보면 알루미나 분사와 산부식 처리를 한 장식형 도재군(FB군)이  $18.90 \pm 2.39 \text{Mpa}$ 로 가장 큰 인장결합강도를 나타냈지만,  $18.56 \pm 1.94 \text{Mpa}$ 의 인장결합강도를 나타낸 실리카 코팅 처리를 한 알루미나 도재군(IC군),  $17.69 \pm 2.51 \text{Mpa}$ 의 인장결합강도를 나타낸 알루미나 분사와 산부식 처리를 한 리튬 다이실리케이트 도재군(EB군),  $17.25 \pm 2.33 \text{Mpa}$ 의 인장결합강도를 나타낸 실리카 코팅 처리를 한 지르코니아 도재군(ZC군)과 통계학적 유의차는 없었고 알루미나 분사 처리를 한 장식형 도재군(FA군)이  $14.81 \pm 2.22 \text{Mpa}$ 로 그 다음으로 높은 인장결합강도를 나타냈다. 실리카 코팅 처리를 한 장식형 도재군(FC군), 알루미나 분사 처리를 한 리튬 다이실리케이트 도재군(EA군)과 실리카 코팅 처리를

Table 4. Summary of tensile bond strength for combination of ceramic and surface preparation

Group	Ceramic material	Surface preparation	Mean(SD) (Mpa)	Range	Duncan's grouping*
ZA	Zirconia ceramic	Sandblasting	6.18(1.26)	4.29-8.54	A
ZB	Zirconia ceramic	Sandblasting/Etching	6.51(1.13)	5.02-8.48	A
IB	Alumina ceramic	Sandblasting/Etching	9.74(1.23)	7.94-11.94	B
IA	Alumina ceramic	Sandblasting	9.96(1.16)	8.54-11.82	B
EC	Lithium-disilicate ceramic	Silica coating	11.74(1.20)	9.74-13.65	C
EA	Lithium-disilicate ceramic	Sandblasting	12.91(2.04)	9.84-17.03	C
FC	Feldspathic ceramic	Silica coating	13.10(2.30)	10.42-16.3 5	C
FA	Feldspathic ceramic	Sandblasting	14.81(2.22)	11.35-17.6 7	D
ZC	Zirconia ceramic	Silica coating	17.25(2.33)	14.83-20.9 7	E
EB	Lithium-disilicate ceramic	Sandblasting/Etching	17.69(2.51)	11.98-20.9 6	E
IC	Alumina ceramic	Silica coating	18.56(1.94)	15.23-21.9 5	E
FB	Feldspathic ceramic	Sandblasting/Etching	18.90(2.39)	15.83-23.6 7	E

한 리튬 다이실리케이트 도재군(EC군)이 각각  $13.10 \pm 2.30$  Mpa,  $12.91 \pm 2.04$  Mpa,  $11.74 \pm 1.20$  Mpa로 서로간의 통계학적 유의차 없이 그 다음으로 높은 인장결합강도를 나타냈으며, 알루미나 분사 처리를 한 알루미나 도재군(IA군)과 알루미나 분사와 산부식 처리를 한 알루미나 도재군



(IB군)이  $9.96 \pm 1.16 \text{Mpa}$ ,  $9.74 \pm 1.23 \text{Mpa}$ 로 서로간의 통계학적 유의차 없이 그 다음으로 높은 인장결합강도를 나타냈다. 알루미늄 분사 처리를 한 지르코니아 도재군(ZA군)과 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 지르코니아 도재군(ZB군)은 각각  $6.51 \pm 1.13 \text{Mpa}$ ,  $6.18 \pm 1.26 \text{Mpa}$ 로 서로간의 통계학적 유의차 없이 가장 낮은 인장결합강도를 나타냈다.

도재 종류별로 나누어 보면 장식형 도재와 리튬 다이실리케이트 도재에서는 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 군(FB군, EB군)이 알루미늄 분사 처리를 한 군(FA군, EA군)과 실리카 코팅 처리를 한 군(FC군, EC군)보다 높은 인장결합강도( $18.90 \pm 2.39 \text{Mpa}$ ,  $17.69 \pm 2.51 \text{Mpa}$ )를 나타냈으며, 알루미늄 도재와 지르코니아 도재에서는 실리카 코팅 처리를 한 군(IC군, ZC군)이 알루미늄 분사 처리를 한 군과(IA군, ZA군) 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 군(IB군, ZB군)보다 높은 인장결합강도( $18.56 \pm 1.94 \text{Mpa}$ ,  $17.25 \pm 2.33 \text{Mpa}$ )를 나타냈다. (Fig 5.)

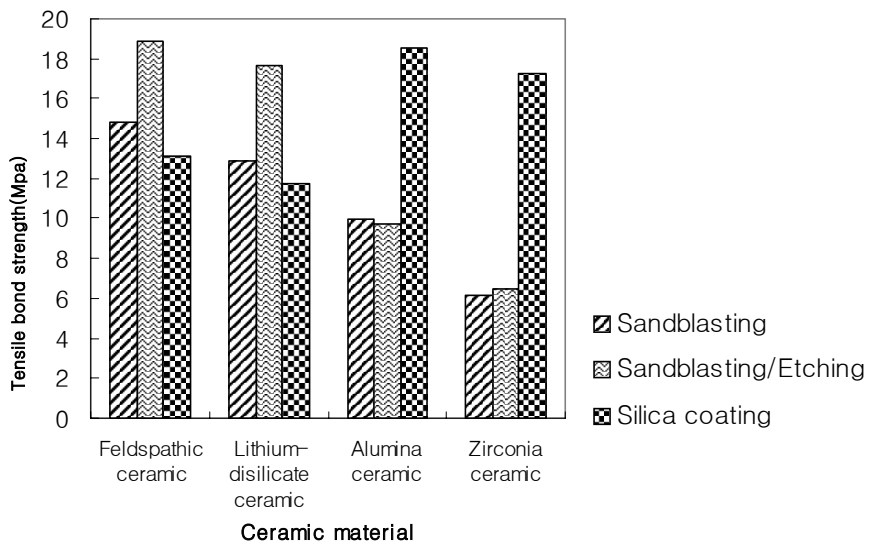


Fig 5. Tensile bond strength for combination of ceramic and surface preparation

Fig 6.을 보면 알루미나 분사나 산부식 처리의 경우 장식형 도재와 리튬다이실리케이트 도재에서 복합레진과의 인장결합강도 증가 효과가 크게 나타났고, 실리카 코팅 처리의 경우 알루미나 도재와 지르코니아 도재에서 복합레진과의 인장결합강도 증가 효과가 크게 나타났다. 이 결과는 뒤에 언급할 표면처리 후의 주사전자현미경 소견과도 어느정도 일치하는 결과였다.

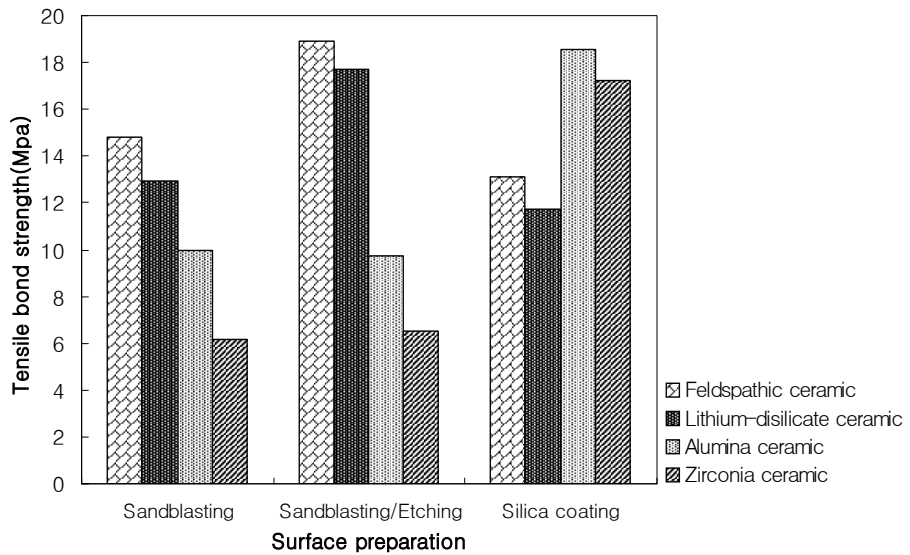


Fig 6. Tensile bond strength for combination of ceramic and surface preparation

## 2. 주사전자현미경 관찰

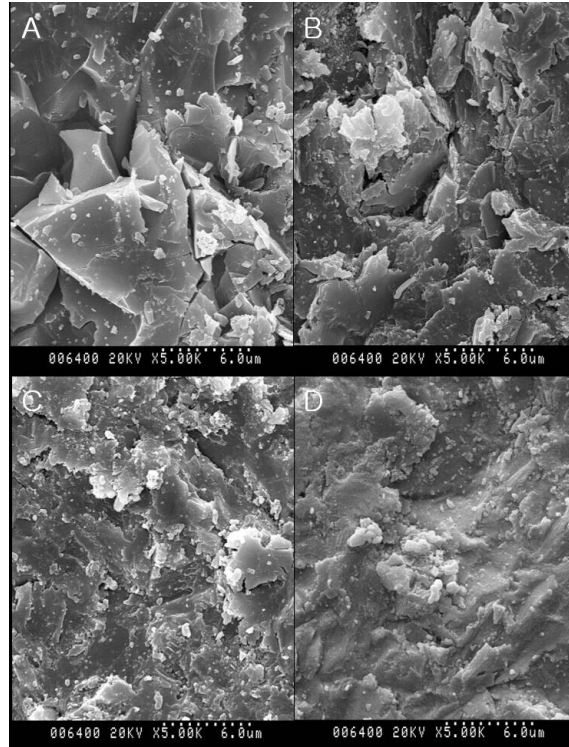


Fig 7. Scanning electron microscopic view of ceramic surface after sandblasting: A, B, C, and D feldspathic ceramic, lithium-disilicate ceramic, alumina ceramic, zirconia ceramic, respectively( $\times 5000$ )

Fig 7.은 4가지 종류의 도재 시편에 알루미나 분사 처리를 한 후 표면의 미세구조를 주사전자현미경으로 관찰한 모습으로 장식형 도재는 4가지 종류의 도재 중 표면이 가장 거칠고, 깊고 날카롭게 패인 모습을 볼 수 있었고, 리튬 다이실리케이트 도재는 거친 표면의 형태는 장식형 도재와 유사하지만 장식형 도재보다는 얇고 덜 날카롭게 패인 모습을 볼 수 있었다. 알루미나 도재는 어느정도 거친 표면의 형태를 보였지만 장식형 도재나 리

틈 다이실리케이트 도재에 비해서는 패인 부분이 얇고 경계가 명확하지 않은 모습을 보였다. 지르코니아 도재는 표면이 불규칙한 모습을 보이기는 했지만 패인 흔적이 깊지 않고 4가지 종류의도재 중 가장 부드러운 표면 형태를 보였다.

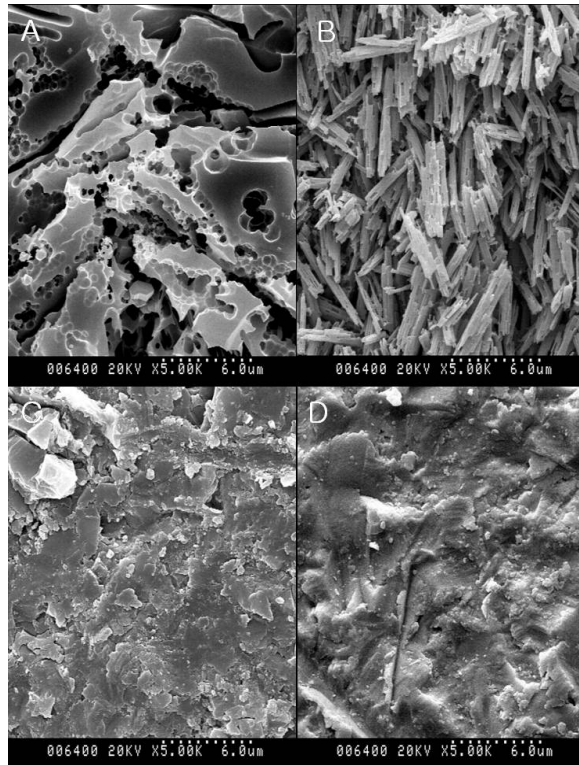


Fig 8. Scanning electron microscopic view of ceramic surface after sandblasting and etching: A, B, C, and D feldspathic ceramic, lithium-disilicate ceramic, alumina ceramic, zirconia ceramic, respectively( $\times 5000$ )

Fig 8.은 4가지 종류의 도재 시편에 알루미나 분사와 산부식 처리를 한 후 표면의 미세구조를 주사전자현미경으로 관찰한 모습으로 장식형 도재는 알루미나 분사 처리 후에 보였던 거친 표면 양상은 그대로 보이면서 추가

적으로 미세한 벌집형태의 패인 양상을 볼 수 있었다. 리튬 다이실리케이트 도재는 결정형이 선명하게 드러나면서 알루미나 분사 처리 후보다 더 미세하고 많은 틈이 생긴 것을 볼 수 있었다. 알루미나 도재와 지르코니아 도재는 알루미나 분사 처리 후와 비슷한 양상을 보였다.

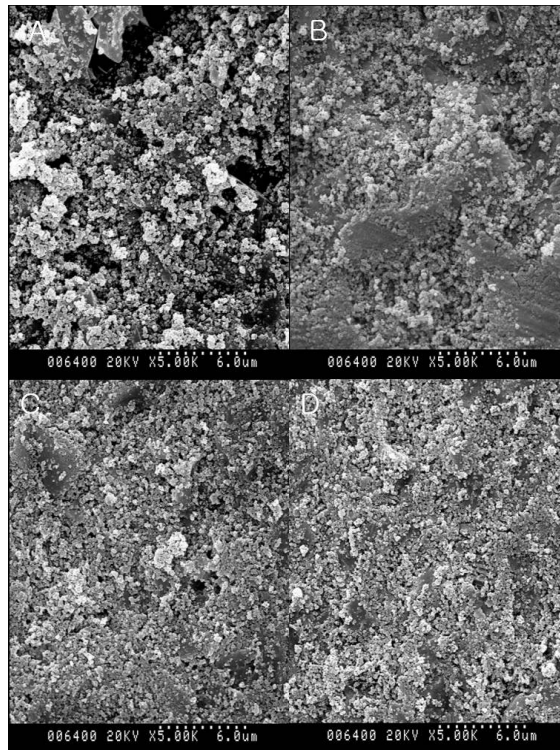


Fig 9. Scanning electron microscopic view of ceramic surface after silica coating: A, B, C, and D feldspathic ceramic, lithium-disilicate ceramic, alumina ceramic, zirconia ceramic, respectively( $\times 5000$ )

Fig 9.는 4가지 종류의 도재 시편에 실리카 코팅 처리를 한 후 표면의 미세구조를 주사전자현미경으로 관찰한 모습으로 알루미나 도재와 지르코니아

아 도재는 전체적으로 일정하게 미세한 분말을 뿌린 듯한 양상을 나타냈지만 장식형 도재와 리튬 다이실리케이트 도재는 이러한 양상이 불규칙하고 부분적으로만 나타나는 것을 볼 수 있었다.

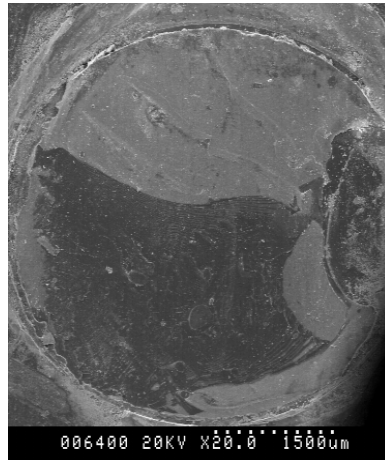


Fig 10. Scanning electron microscopic view of fractured surface after tensile bond strength test( $\times 20$ )

인장결합강도 측정후 파절 양상을 20배 배율로 관찰한 결과 도재 표면에 레진 접착제가 남아있는 경우는 있었지만 모든 시편에서 도재와 복합레진 간 결합면에서 파절된 양상을 보였다.(Fig 10.)

#### IV. 총괄 및 고찰

본 연구는 현재 임상에서 많이 사용되는 전부 도재 전장관용 코핑 재료에 구강 내에서 사용할 수 있는 표면처리 방법인 알루미나 분사, 알루미나 분사와 산부식, 실리카 코팅을 한 후 복합레진과의 인장결합강도를 측정하고, 장식형 도재와 복합레진간의 인장결합강도와 비교하여 임상에서 전부 도재 수복물의 도재 파절로 코핑이 노출된 경우 구강 내에서 복합레진을 이용해 수리할 수 있는 가능성을 알아보고, 가능할 경우 유용한 표면처리 방법도 알아보기 위해 설계되었다. 장식형 도재의 경우 앞서 언급한대로 여러 실험(Kupiec 등 1996, Pameijer 등 1996)을 통해 임상적으로 받아들일 만한 복합레진과의 결합강도를 보여 도재 파절시 구강 내에서 복합레진으로 수리할 수 있는 근거를 제시해왔고 현재 구강 내에서 도재 수리를 하기 위한 여러 제품들이 출시되는 상황이기 때문에 비교하기 위한 기준으로 삼았다.

Sadoun에 의해 개발된 알루미나 도재인 In-Ceram은 입자크기가 0.5에서 3.5 $\mu\text{m}$ 의 알루미나로 소성된 격자구조에 유리성분이 침투한 미세구조로 이루어져 있다. 알루미나 도재는 446Mpa 이상의 굴곡강도를 갖기 때문에 단일치아 뿐 아니라 고정성 국소의치에도 광범위하게 사용되고 있다.

Kern과 Thompson (1994)은 알루미나 도재에서 알루미나 분사의 효과는 크지 않아 미세한 요철구조를 형성하는 정도라 하였는데 본 실험의 주사전자현미경 소견에서도 장식형 도재, 리튬 다이실리케이트 도재보다 알루미나 분사에 의한 표면 거칠기가 덜한 것으로 나타났다. 또한 본 실험의 주사전자현미경 소견으로는 불산에 의한 산부식 처리도 알루미나 도재에서는 큰 효과가 없는 것으로 보이는데 이는 Kern과 Thompson (1993)이 유리 침투 도재인 In-Ceram에서는 다른 도재와 비교해 볼 때 산부식 처리의 효과를 얻기 힘들다고 한 내용과 일치했다. 실란 결합재는 한쪽이 메타크

릴레이트기(methacrylate group)로 복합레진의 유기기질과 결합하고 다른 한쪽은 실라놀기(silanol group)로 도재의 실리카와 결합하는데 장식형 도재의 실리카 조성비율이 50-60%인데 반해 알루미나 도재는 알루미나가 조성비율의 85%를 차지하고 실리카의 함량이 5%미만이기 때문에 실란 결합재의 효과가 낮았다.(윤 등 2000, Barghi 2000) 이러한 이유로 알루미나 도재에 알루미나 분사나 산부식으로 표면처리를 한 경우 실리카 코팅 처리를 한 경우보다 낮은 인장결합강도를 나타냈다고 할 수 있다.

이에 반해 실리카 코팅을 시행한 알루미나 도재의 경우 알루미나 분사와 산부식 처리를 시행한 장식형 도재의 인장결합강도와 통계학적 유의차가 없는 비교적 높은 인장결합강도를 나타냈는데 김 (1995)등이 In-Ceram 코핑 표면을 Silicoater MD 시스템으로 실리카 코팅 처리를 한 경우 레진과의 결합력이 향상되었다는 내용과 일치했다. 이는 실리카 도포 시 분사된 실리카 산 처리된 알루미나가 도재 표면과의 충돌 시 발생하는 열과 분사압력에 의해 도재 표면에 파묻히게 되는데(Bodenheim 등 1998), 이 과정에서 도재 표면이 거칠어지면서 접촉면적이 증가하여 기계적 유지력이 향상되고, 도재 표면의 실리카 함량이 증가하여 실란 결합재에 의한 화학적 결합이 향상된 결과라 볼 수 있다.(Frankenberger 등 2000)(Fig 11.)

지르코니아는 외부로부터 자극을 받으면 자체 내에 압축응력을 주어서 균열의 전이를 스스로 막는 독특한 성질을 가지고 있어서 파절에 강한 면을 나타내고(Luthardt 등 2002) 750Mpa에 이르는 높은 굴곡강도를 나타내기 때문에 치과영역에서의 사용이 늘고 있다.

지르코니아 도재의 경우 알루미나 분사나 불산을 이용한 산부식 처리 후의 주사전자현미경 소견에서 거의 요철구조가 나타나지 않았는데 이로 인해 복합레진과의 결합시 접촉면적의 증가가 크지 않아 충분한 기계적 유지력을 얻기 어렵고(Kern, Wegner 1998), 지르코니아 도재의 실리카 함량



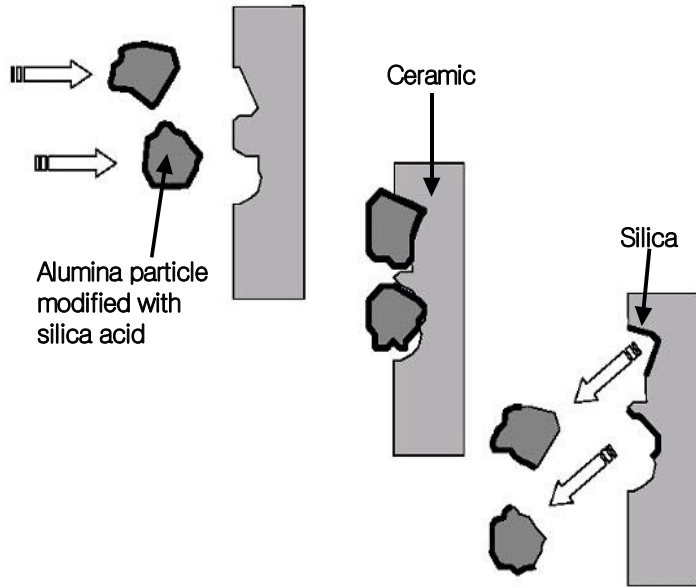


Fig 11. Schematic diagram for silica coating procedure

이 1%이하로 도재 표면의 실리카와 복합레진의 유기기질에 결합하는 실란 결합재에 의한 화학적 유지력을 얻기 어렵기 때문에(Kern, Wegner 1998, Barghi 2000) 알루미나 분사나 산부식으로 표면처리를 한 경우 가장 낮은 인장결합강도를 나타냈다고 할 수 있다. 하지만 지르코니아 도재 역시 알루미나 도재와 마찬가지로 실리카 도포를 시행한 경우 알루미나 분사와 산부식을 시행한 장식형 도재의 인장결합강도와 통계학적 유의차가 없는 비교적 높은 인장결합강도를 나타냈는데 이 역시 실리카 코팅 처리를 한 알루미나 도재가 복합레진과 강한 인장결합강도를 나타내는 이유와 같은 이유라고 할 수 있다.

1998년 소개된 리튬 다이실리케이트 도재인 Empress 2는 기존의 Empress와 제작과정은 유사하나 결정종류와 결정의 용적비율이 다른데,

용적비가 높고 결정이 긴밀하게 얽혀 있어 파괴인성과 강도가 향상되어 굴곡강도가 350Mpa에 달한다.(Schweiger 등 1999)

Oh와 Shen (2003)은 리튬 다이실리케이트 도재에서 알루미늄 분사와 산부식을 통해 얻어지는 도재 표면의 형태를 장식형 도재와 비교했을 때 표면 거칠기를 형성해 주는 요철의 크기는 더 작지만 더 골고루 퍼져 있어 표면적의 증가 효과가 크고, 깊이는 얕지만 결합레진이 흘러 들어가 작용하기에는 충분한 깊이라고 하였는데, 본 실험에서의 주사전자현미경 소견에서도 이와 비슷한 양상을 보였다.

리튬 다이실리케이트 도재는 알루미늄 도재나 지르코니아 도재와 달리 실리카 코팅 처리를 한 경우 알루미늄 분사나 산부식 처리를 한 경우에 비해 인장결합강도의 증가가 나타나지 않았는데 이는 리튬 다이실리케이트 도재가 알루미늄 도재나 지르코니아 도재와 달리 표면의 실리카 함량이 장식형 도재와 유사한 60% 정도이기 때문에 별도의 실리카 코팅 처리가 없이도 실란 결합재에 의한 화학적 결합을 충분히 얻을 수 있어서 기계적 유지력을 증가시켜 주는 알루미늄 분사나 산부식 처리에 비해 화학적 유지력을 증가시켜 주는 실리카 코팅의 효과가 적게 나타나는 결과라 할 수 있고, 장식형 도재 역시 같은 이유로 실리카 코팅 처리를 한 경우 인장결합강도의 증가가 나타나지 않았다 할 수 있다. 또한 4가지 종류의 도재 시편에 실리카 코팅 처리를 한 후 관찰한 주사전자현미경 소견에서 알루미늄 도재와 지르코니아 도재는 전체적으로 균일한 실리카 코팅의 양상을 보이는 반면 장식형 도재와 리튬 다이실리케이트 도재는 부분적으로만 실리카 코팅의 양상이 나타나는데 실리카 코팅 처리를 한 장식형 도재와 리튬 다이실리케이트 도재군의 인장결합강도가 실리카 코팅 처리를 한 알루미늄 도재와 지르코니아 도재의 인장결합강도보다 낮은 이유라 할 수 있다.

본 연구의 한계점을 살펴보면 하악골의 다양한 운동양상과 환자마다 다양

한 저작습관에 의해 실제 구강 내에서 보철물에 가해지는 인장력, 전단력, 압축력등의 여러 가지 힘을 재현할 수 없었다는 점과 다양한 식습관에 의해 시시각각으로 변하는 구강내 환경과 장기간 사용시 나타나는 현상을 재현할 수 없었다는 점이다. 앞으로 이런 한계점을 보완하여 보다 구강내 환경과 유사한 연구가 계속되어야 할 것으로 기대해 본다.

## V. 결론

실험과정상의 한계점이 있지만 본 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 리튬 다이실리케이트 도재에서는 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 군의 인장결합강도가  $17.69 \pm 2.51 \text{Mpa}$ 로 알루미늄 분사 처리를 한 군( $12.91 \pm 2.04$ )과 실리카 코팅 처리를 한 군( $11.74 \pm 1.20 \text{Mpa}$ )보다 통계학적으로 유의하게 높았다.
2. 알루미늄 도재에서는 실리카 코팅 처리를 한 군의 인장결합강도가  $18.56 \pm 1.94 \text{Mpa}$ 로 알루미늄 분사 처리를 한 군( $9.96 \pm 1.16 \text{Mpa}$ )과 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 군( $9.74 \pm 1.23 \text{Mpa}$ )보다 통계학적으로 유의하게 높았다.
3. 지르코니아 도재에서는 실리카 코팅 처리를 한 군의 인장결합강도가  $17.25 \pm 2.23 \text{Mpa}$ 로 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 군( $6.51 \pm 1.13 \text{Mpa}$ )과 알루미늄 분사 처리를 한 군( $6.18 \pm 1.26 \text{Mpa}$ )보다 통계학적으로 유의하게 높았다.
4. 장식형 도재에서는 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 군의 인장결합강도가  $18.90 \pm 2.39 \text{Mpa}$ 로 알루미늄 분사 처리를 한 군( $14.81 \pm 2.22 \text{Mpa}$ )과 실리카 코팅 처리를 한 군( $13.10 \pm 2.30 \text{Mpa}$ )보다 통계학적으로 유의하게 높았다.
5. 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 장식형 도재군의 인장결합강도가  $18.90 \pm 2.39 \text{Mpa}$ , 실리카 코팅 처리를 한 알루미늄 도재군이  $18.56 \pm 1.94 \text{Mpa}$ , 알루미늄 분사와 산부식 처리를 한 리튬 다이실리케이트 도재군이  $17.69 \pm 2.51 \text{Mpa}$ , 실리카 코팅 처리를 한 지르코니아 도재군이  $17.25 \pm 2.23 \text{Mpa}$ 로 가장 높은 인장결합강도를 나타냈다.

으며 통계학적 유의차는 없었다.

3가지 전부 도재관용 코핑 재료의 복합레진과의 인장결합강도가 대조군인 장식형 도재와 복합레진간의 인장결합강도와 통계학적 유의차가 없다는 결과를 토대로 전부 도재 수복물의 도재 파절로 코핑이 노출된 경우 구강 내에서 복합레진을 이용하여 파절 부위를 수리할 수 있고, 수리시 코핑 재료가 리튬 다이실리케이트 도재인 경우 알루미나 분사와 산부식 처리, 알루미나 도재나 지르코니아 도재인 경우 실리카 코팅 처리를 하는 것이 가장 효과적이라고 사료된다.

## 참고 문헌

김영숙, 우이형, 임호남, 최부병. In-Ceram 코아의 표면처리 방법에 따른 레진 시멘트와의 결합강도 및 표면상태에 관한 연구. 대한치과보철학회지 1995;33:693-704

윤정태, 이선형, 양재호. In-Ceram 코아의 표면처리 방법에 따른 레진시멘트와의 전단결합강도에 관한 연구. 대한치과보철학회지 2000;38:129-46

Aida M, Hayakawa T, Mizukawa K. Adhesion of composite to porcelain with various surface conditions. J Prosthet Dent 1995;73:464-9

Appledoorn RE, Wilwerding TM, Barkmeier WW. Bond strength of composite resin to porcelain with newer generation porcelain repair systems. J Prosthet Dent 1993;70:6-11

Awliya W, Oden A, Yaman P, Dennison JP, Razzoog ME. Shear bond strength of a resin cement to densely sintered high-purity alumina with various surface conditions. Acta Odontol Scand 1998;56:9-13

Barghi N. To silanate or not to silanate: making a clinical decision. Compend Contin Educ Dent 2000;21:659-62,664

Barreto MT. Failures in ceramometal fixed restorations. J Prosthet Dent 1984;51:186-9

Blatz MB. Long-term clinical success of all-ceramic posterior restorations. *Quintessence Int* 2002;33:415-26

Bodenheim G, Sindel J, Frankenberger R, Krämer N, Detschelt A. Bond strengths of luting composites to IPS Empress after silica coating. *J Dent Res* 1998;77:678-84

Deheny G, Bouschlicher M, Vargas M. Intraoral repair of cosmetic restorations. *Dent Clin North Am* 1998;42:719-37

Della Bona A, Anusavice KJ, Shen C. Microtensile strength of composite bonded to hot-pressed ceramics. *J Adhes Dent* 2000;2:305-13

Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Scharer P. Heat-pressed ceramics: Technology and strength. *Int J Prosthodont* 1992;5:9-16

Edelhoff D, Marx R, Spiekermann H, Yildirim M. Clinical use of an intraoral silicoating technique. *J Esthet Restor Dent* 2001;13:350-6

Frankenberger R, Krämer N, Sindel J. Repair strength of etched vs silica-coated metal-ceramic and all-ceramic restorations. *Oper Dent* 2000;25:209-15

Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Hillis SL. Clinical assessment of high strength all-ceramic crowns. J Prosthet Dent 2000;83:216-22

Hummel SK, Pace LL, Marker VA. Comparison of two silicoating techniques. J Prosthodont 1994;3:108-113

Kelly JR, Giordano R, Pober R, Cima MJ. Fracture surface analysis of dental ceramics. Int J Prosthodont 1990;3:430-40

Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry. J Prosthet Dent 1996;75:18-32

Kern M, Thompson VP. Tensile bond strength of new adhesive systems to In-Ceramceramic. J Dent Res:1993;72:369

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

Kern M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: Adhesive methods and their durability. J Prosthet Dent 1995;73:240-9

Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: Adhesion methods and their durability. Dent Mater 1998;14:64-71



Kupiec KA, Wuertz KM, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite to porcelain repair. J Prosthet Dent 1996;76:119-24

Luthardt RG, Holzhuter M, Sandkuhl O, Herold V, Schnapp JD, Kuhlisch E. Reliability and properties of ground Y-TZP zirconia ceramics. J Dent Res 2002;81:487-91

Mclaren EA, White SN. Survival of In-ceram crowns in a private practice. J Prosthet Dent 1999;81:662-7

Oh WS, Shen C. Effect of surface topography on the bond strength of a composite to three different types of ceramic. J Prosthet Dent 2003;90:241-6

Olsson KG, Fürst B, Andersson B, Carlsson GE. A long-term retrospective and clinical follow-up study of In-ceram Alumina FPDs. Int J Prosthodont 2003;16:150-6

Pameijer OH, Louw ND, Fischer D. Repairing fractured porcelain: How surface preparation affects shear force resistance. J Am Dent Assoc 1996;127:203-9

Probster L, Diehl J. Slip casting alumina ceramics for crown and

bridge restorations. Quintessence Int 1992;23:1-31

Schneider W, Powers JM, Pierpont HP. Bond strength of composites to etched and silica-coated porcelain fusing alloys. Dent Mater 1992;8:211-5

Schweiger M, Holand W, Frank M. IPS Empress 2: A new pressable high strength glass ceramic for esthetic all ceramic restorations. Quintessence Dent Tech 1999;22:143-51

Sjogren G, Lantto R, Granberg A, Sundstrom PO, Tillberg A. Clinical examination of Empress in general practice. Int J Prosthodont 1999;12:122-8

Suliman A, Swift E, Perdigao J. Effects of surface treatment and bonding agents on bonding strength of composite resin to porcelain. J Prosthet Dent 1993;70:118-120

Thompson JY, Anusavice KJ, Naman A, Morris BF. Fracture surface characterization of clinically failed all-ceramic crowns. Dent Res 1994;73:1824-32

Thurmond JW, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Effects of porcelain surface treatments on bond strength of composite resin bonded to porcelain. J Prosthet Dent 1994;72:355-9

Wakabayashi N, Anusavice KJ. Crack initiation modes in bilayer alumina/porcelain disks as a function of core/veneer thickness and supporting substrate thickness. J Dent Res 2000;79:1398-1404

Zhukovsky L, Godder B, Settembrini L, Scherer W. Repairing porcelain restorations intraorally: Techniques and materials. Compendium 1996;17:18-28

**Abstract**

**The Influence of surface treatments of all ceramic coping materials on the tensile bond strength of composite resin to all ceramic coping material**

Bo Kyoung Kim

Department of Dentistry

The Graduate School, Yonsei University

*(Directed by Professor Keun Woo Lee )*

An increasing demand for esthetic restorations has led to the development of new ceramic systems. But fracture of veneering ceramic still remains first cause of failure of all ceramic restorations and intraoral repair of fractured ceramic with composite resin had several advantage to the patient and dentists.

The purpose of this study was to evaluate the tensile bond strength of composite resin to 3 different all ceramic coping materials with various surface preparations. 30 specimens of lithium-disilicate ceramic, alumina ceramic, zirconia ceramic was used in this study and feldspathic ceramic was used for control group. Each material was randomly divided into 3 groups and 3 different surface preparation was performed: (1) Sandblasting with 50  $\mu$ m alumina particle, (2) Sandblasting with 50  $\mu$ m alumina particle and acid etching with 4% fluoric acid, (3) Silica coating with 30  $\mu$ m alumina

particle modified with silica acid. Each specimen was subjected to a tensile load in an Instron at a cross-head speed of 2mm/min and was observed with scanning electron microscopy after mechanical testing to establish modes of failure.

The results were as follows:

1. In lithium–disilicate ceramic groups, the tensile bond strength of group prepared with sandblasting and acid etching( $17.69\pm 2.51$ Mpa) was significantly higher than that of group prepared with sandblasting( $12.91\pm 2.04$ ) and that of group prepared with silica coating( $11.74\pm 1.20$ Mpa).
2. In alumina ceramic groups, the tensile bond strength of group prepared with silica coating( $18.56\pm 1.94$ Mpa) was significantly higher than that of group prepared with sandblasting( $9.96\pm 1.16$ Mpa) and that of group prepared with sandblasting and acid etching( $9.74\pm 1.23$ Mpa).
3. In zirconia ceramic groups, the tensile bond strength of group prepared with silica coating( $17.25\pm 2.23$ Mpa) was significantly higher than that of group prepared with sand blasting and acid etching( $6.51\pm 1.13$ Mpa) and that of group prepared with sandblasting( $6.18\pm 1.26$ Mpa).
4. In feldspathic ceramic groups, the tensile bond strength of group prepared with sandblasting and acid etching( $18.90\pm 2.39$ Mpa) was significantly higher than that of group prepared with sandblasting( $14.81\pm 2.22$ Mpa) and that of group prepared with

silica coating( $13.10 \pm 2.30$  Mpa).

5. The tensile bond strength of feldspathic ceramic group prepared with sandblasting and acid etching( $18.90 \pm 2.39$  Mpa), alumina ceramic group prepared with silica coating( $18.56 \pm 1.94$  Mpa), lithium-disilicate ceramic group prepared with sandblasting and acid etching( $17.69 \pm 2.51$  Mpa) and zirconia ceramic group prepared with silica coating( $17.25 \pm 2.23$  Mpa) were significantly higher than that of the other groups.

In this study, the tensile bond strength of composite resin to the 3 all ceramic coping materials significantly had no difference with that of composite resin to the conventional feldspathic ceramic. With this result, the capability of intraoral repair of all ceramic restorations with coping exposed because of fracture of veneering ceramic was clinically acceptable.

---

Key word : All ceramic coping, Lithium-disilicate ceramic, Alumina ceramic, Zirconia ceramic, Surface preparation, Tensile bond strength, Composite resin, Ceramic fracture, Intraoral repair