

# 다용도 프라이머로 전처리한 지르코니아에 대한 자가접착 레진 시멘트의 미세 전단 결합 강도

이임결<sup>1</sup>, 이두형<sup>1</sup>, 권태엽<sup>2</sup>, 진명욱<sup>3</sup>, 이규복<sup>1</sup>

경북대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실<sup>1</sup>, 경북대학교 치의학전문대학원 치과생체재료학교실<sup>2</sup>, 경북대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실<sup>3</sup>

## Microshear Bond strength of Self-adhesive Resin Cement to Universal primer-treated Zirconia

Lin-jie Li<sup>1</sup>, Du-Hyeong Lee<sup>1</sup>, Tae-Yub Kwon<sup>2</sup>, Myoung-Uk Jin<sup>3</sup>, Kyu-Bok Lee<sup>1</sup>

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University<sup>1</sup>, Department of Dental Biomaterials Science, School of Dentistry, Kyungpook National University<sup>2</sup>, Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University<sup>3</sup>

(Received: Jun 20, 2013; Revised: Jun 25, 2013; Accepted: Jun 25, 2013)

### ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate conventional and self-adhesive resin cements bonding to zirconia ceramic that were sandblasted and primed with universal primer. 8 sintered zirconia ceramic disks (Ceramill Zolid; Amann Girrbach, Austria) were air-abraded with 110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  at 2.5 bar pressure for 15s at a distance of 10 mm and ultrasonic cleaned in 95% alcohol for 3min. All the specimens were applied by universal primer 60s and dried. The primed specimens were divided into 4 groups (n=10) according to the resin cement used: RelyX Unicem, Multilink Speed, MaxCem Elite, Panavia F2.0. The resin cement cylinders were stored in distilled water at 37°C for 24h. Microshear bond strength (MSBS) test was measured with a universal testing machine. The means and standard deviations of microshear bond strength for RelyX Unicem, Multilink Speed, MaxCem Elite, Panavia F2.0 were 18.57 (4.80), 8.21 (4.95), 4.59 (3.14), 4.61 (2.80) MPa, respectively. Statistical analysis revealed that the MSBS of RelyX Unicem, Multilink Speed were significantly higher than MaxCem Elite, Panavia F2.0 ( $P<0.05$ ). When self-adhesive resin cement bond to zirconia, universal primer plays a role of improving the bond strength to zirconia. It is recommended to use RelyX Unicem, Multilink Speed bond to zirconia which is primed with universal primer.

**KEY WORDS** : Self-adhesive resin cement, zirconia, universal primer, microshear

## 서 론

오늘날 새로운 치과 세라믹 수복 시스템은 금속프레임의 필요성에서 벗어나 더 나은 광학적 특성 및 심미적 결과를 제공하기 위해 빠르게 발전하고 있다(Luthardt RG 등, 2002). 이러한 세라믹 수복 시스템에 주로 리튬 디실리케이트, 글라스 침투 소결 알루미늄, 고순도 알루미늄, 산화 지르코니아 등이 사용되고 있다. 현재 이러한

재료들은 프레임워크 세라믹 시스템에서 널리 이용되고 있다 (Blatz MB 등, 2003). 상변화 강인화는 Y-TZP (yttria tetragonal zirconia polycrystal) 세라믹 내의 미세파절 영역에 인장응력이 가해졌을 때 시작된다. 지르코니아의 미세파절 영역에서의 내부 결합은  $\text{ZrO}_2$ 상을 정방정계에서 보다 안정한 단사정계로의 변형을 야기한다(Miragaya L 등, 2011).

지금까지 세라믹과 치아 조직 사이의 접착을 향상시키기 위한 다양한 방법들이 소개되었다. 세라믹 표면의 불산과 기능성 실란 처리가 그 예이다. 이 처리법은 지금까지 세라믹 접착시 가장 일반적인 방법으로 제안되어

\* 교신저자 : 700-412 대구광역시 중구 삼덕동 2가 188-1번지 경북대학교 치의학전문대학원 보철학교실, 이규복  
Tel : 02-53-600-7674, E-mail : kblee@knu.ac.kr

왔다. 그러나, Y-TZP는 낮은 비율의 글라스상(유리상)과 실리콘 이산화물을 가지고 있기 때문에 레진 시멘트와 강한 미세기계적 결합을 형성할 수 있는 불산 에칭과 실란화가 불가능하다(Blatz MB 등, 2003; Miragaya L 등, 2011). 다른 방법으로 airborne-particle abrasion, 기능성 단량체를 가진 tribochemical silica coating, selective infiltration etching (SIE) 처리 등이 Y-TZP 세라믹과 강한 결합을 이룰 수 있는 것으로 제안되었다(Blatz MB 등, 2010; Valandro LF 등, 2006; Matinlinna JP 등, 2006; Abo-ushelib MN 등, 2008). Gomes 등은 110  $\mu\text{m}$  air abrasion과 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP) 처리하는 것이 지르코니아의 결합력을 효과적으로 향상시킨다고 제안하였다(Gomes AL 등, 2013).

세라믹 재료와의 접착은 치아와 세라믹 표면의 에칭, 프라이밍, 본딩 과정을 포함한다. 이 과정은 많은 시간 소모와 임상과정을 복잡하게 만든다. 이런 이유로 자가 접착형 레진 시멘트가 개발되었는데 이것은 인산단량체를 포함하며 전처치 없이 세라믹과 치아에 작용한다(Ferracane JL 등, 2011). Senyilmaz 등(2007)의 연구에서 자가 접착 레진 시멘트는 전통적인 레진 시멘트에 비해 지르코니아 세라믹과의 높은 결합력을 보여주었다. 그러나, 자가 접착 레진 시멘트와 전통적인 레진 시멘트의 결합강도 중 어느 것이 우수한지에 대해서는 이견이 있다(Dias de Souza GM 등, 2011).

지르코니아 표면에 대한 기계적, 화학적 처치는 지르코니아의 결합력을 향상시킨다. 최근에 다용도 프라이머를 모든 수복 재료에 광범위하게 적용될 수 있음을 보여주었다(Inokoshi M 등, 2013). 이 연구의 목적은 샌드 블라스팅과 다용도 프라이머로 처리된 지르코니아에 대해 전통적인 레진 시멘트와 자가 접착 레진 시멘트의 결합력을 평가하는 것이다.

## 재료 및 방법

### 1. 지르코니아 세라믹 디스크 준비

Table 1에서 이번 연구에 사용된 지르코니아, 레진 시멘트, 다용도 프라이머를 나열하였다. 이트리아 안정화 지르코니아 세라믹 (Ceramill Zolid)이 사용되었고, 다이아몬드 디스크로 20 × 20 × 2 mm 크기의 소결 전 지르코니아 디스크 시편 8개를 제작했다. 시편은 제조사의 지시에 따라 연마 후 소결되었다. 소결 후 시편은 polytetrafluoroethylene (PTFE) 몰드에 poly (methyl metha-

crylate) (Vertex-Dental; Dentimex, Zeist, Netherlands)을 이용해 위치시켰다. 지르코니아 표면과 몰드 계면 간에 poly (methyl methacrylate) 레진이 침투하지 않도록 지르코니아 표면은 몰드 바닥에 가능한 가깝게 위치시켰다.

### 2. 미세전단 결합 강도 측정을 위한 시편의 결합 과정

시편은 110  $\mu\text{m}$  알루미나 입자를 이용해 2.5 bar 압력으로 10 mm 거리에서 10초간 처리하였다. 그 후 95% 알콜 용액 내에서 3분간 초음파 세척하였다. 레진 시멘트 접착 전 모든 시편은 다용도 프라이머 (Monobond Plus; Alcohol solution of silane methacrylate, phosphoric acid methacrylate, sulfide methacrylate)를 60초 적용하였다. 프라이머 처리된 시편은 사용 되어진 레진 시멘트의 종류에 따라 4개의 그룹 (n=10)으로 나뉘었다. 이중 중합 레진 시멘트인 Panavia F2.0, 세 종류의 자가 접착 레진 시멘트인 RelyX Unicem Clicker, Multilink Speed, MaxCem Elite가 사용되었다. 시멘트는 접착 과정 전에 제조사의 지시에 따라 적절한 온도에서 보관되었다 (Panavia F2.0 & Multilink Speed, 2-8°C; RelyX Unicem & MaxCem Elite, 18-23°C). 지름: 0.76 mm, 높이: 1 mm의 40개의 PVC (flexible plastic tubing; Norton, USA) 튜브를 무딘 익스플로러를 이용해 시편의 표면에 강하게 고정시켰다. 레진 시멘트를 제조사의 지시에 따라 혼합하고 얇고 긴 끝을 가진 Centrix 시린지를 (3M ESPE) 이용해 PVC 튜브 내에 적층시켰다. 공기 방울이나 내부 결합을 제거하기 위해 10배의 배율을 가진 광학 현미경을 이용해 모든 접착과정을 관찰했다. 튜브는 플라스틱 슬라이드를 이용하여 손으로 눌러 과잉의 레진 시멘트를 제거하였다. 레진 시멘트는 1100 Mw/cm<sup>2</sup> (blue phase LED curing light; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)의 광도로 30초간 광중합하였다. 튜브는 실온에 10분 보관 후 날카로운 칼로 조심스럽게 제거하였다. 노출된 레진 시멘트 실린더를 지르코니아 표면에 접착하였다. 전 과정은 (23 ± 1)°C의 온도에서 시행되었고 시편은 37°C에서 증류수에 24 시간 동안 보관하였다.

### 3. 미세전단 결합 강도 측정

지르코니아 몰드는 측정 장치로 옮겨 만능재료시험기 (Instron 3343; Instron worldwide headquarters, North America)에 위치시켰다. 레진 시멘트 실린더는 0.2 mm 지름의 교정용 스테드를 사용해 묶어졌고 전단력이 1.0 mm/min의 크로스헤드 속도로 시멘트의 파절의 발생할

**Table 2.** Micoshear bond strength of resin cements (MPa)

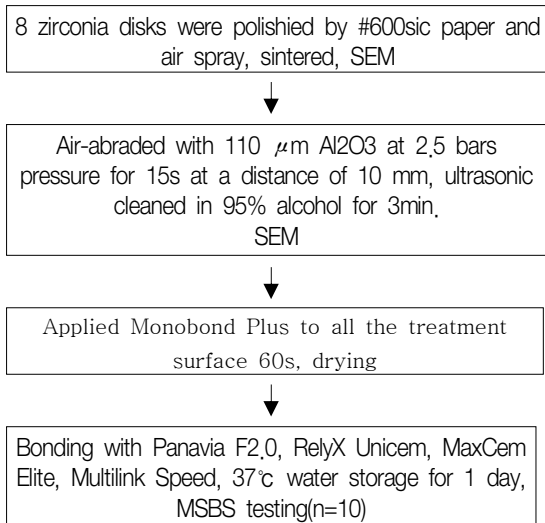
Group	M (SD)
RelyX Unicem Cliker	18.57 (4.80)a
Multilink Speed	18.21 (4.95)a
MaxCem Elite	4.59 (3.14)b
Panavia F2.0	4.61 (2.80)b

\* Different superscript letter represent significant differences between cements

때까지 지속적으로 가해졌다. 측정 된 힘 (F), 전단력 (MPa), 단면적 (A) 및 반경 (r) 사이의 관계는 다음과 같이 측정되었다 :  $MPa = F / A = F / \pi r^2 = F / 0.45 (N/mm^2)$ .

#### 4. 통계 분석

이번 분석에 사용된 데이터는 Kolmogorov-Smirnov test에 의하면 정규분포를 따랐다. ( $p > 0.05$ ) RelyX Unicem, Multilink Speed, MaxCem Elite, Panavia F2.0 네 그룹의 차이성을 조사하기 위해 one-way ANOVA가 사용되었다. Post-hoc test는 Tukey HSD multiple range test에 의해 수행되었다. 모든 통계 분석은 PASW 18.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 이용해 수행되었다.



**Figure 1.** The procedure of this experiment.

#### 5. SEM을 이용한 표면 분석

모든 시편은 다음과 같은 기준에 따라 레진 시멘트 실린더의 파절 종류를 평가하기 위해 20배율의 광학 현미경을 이용해 관찰되었다. (A) 지르코니아 표면에서 부착파괴, (C) 레진 시멘트내부 응집파괴, (M) 혼합파괴 (지르코니아 또는 레진 시멘트표면에서의 파괴).

주사 전자 현미경 (HITACHI, JP/S-4300; JAPAN)을 15 kv 가속전압에서 사용한 후 지르코니아의 표면을 관찰하

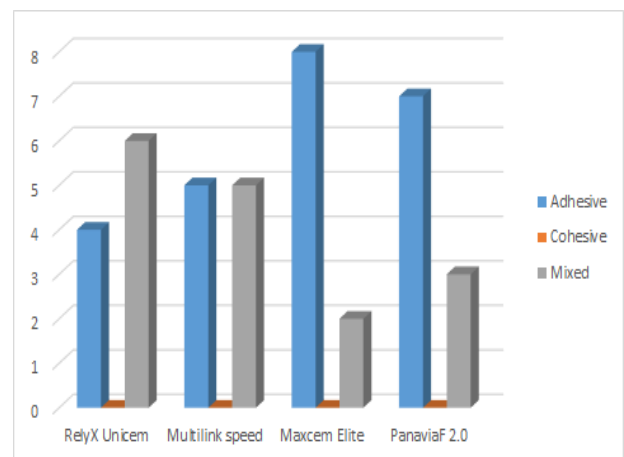
였다 (x 150, 2000).

### 결 과

조사 그룹의 미세 전단 결합 강도를 Table 2 에서 비교하였다. One-way ANOVA를 이용하여 레진 시멘트 종류 간 유의성을 평가하였다. RelyX Unicem (18.57±4.8 MPa)와 Multilink Speed (18.21±4.95 MPa) 그리고 Panavia F2.0 (4.61±2.8 MPa)와 MaxCem Elite (4.59±3.14 MPa) 사이에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 모든 표면 처리 대해 RelyX Unicem와 Multilink Speed는 MaxCem Elite와 Panavia F2.0에 비해 높은 전단 결합 강도를 보였다.

Fig 2 은 모든 시편들에 대해 파괴종류 분포를 보여준다. 이번 연구에서는 어떠한 측정 전 파괴도 관찰되지 않았다. RelyX Unicem와 Multilink Speed는 50% 이상의 시편에서 혼합 파절면이 관찰되었다. 반면에, MaxCem Elite는 대부분은 지르코니아 표면에서 부착파괴 양상을 보였고, Panavia F2.0의 경우 비교적 적은 시편에서 지르코니아 표면 부착 파괴가 관찰되었다.

Fig 3는 주사 전자 현미경 사진이다. 샌드 블라스팅 한 후에 표면이 거칠어 지고 알루미나 입자가 관찰된다. 알콜 초음파를 세척후에는 알루미나 입자가 보이지 않는다.



**Figure 2.** The proportion of the failure mode of resin cements

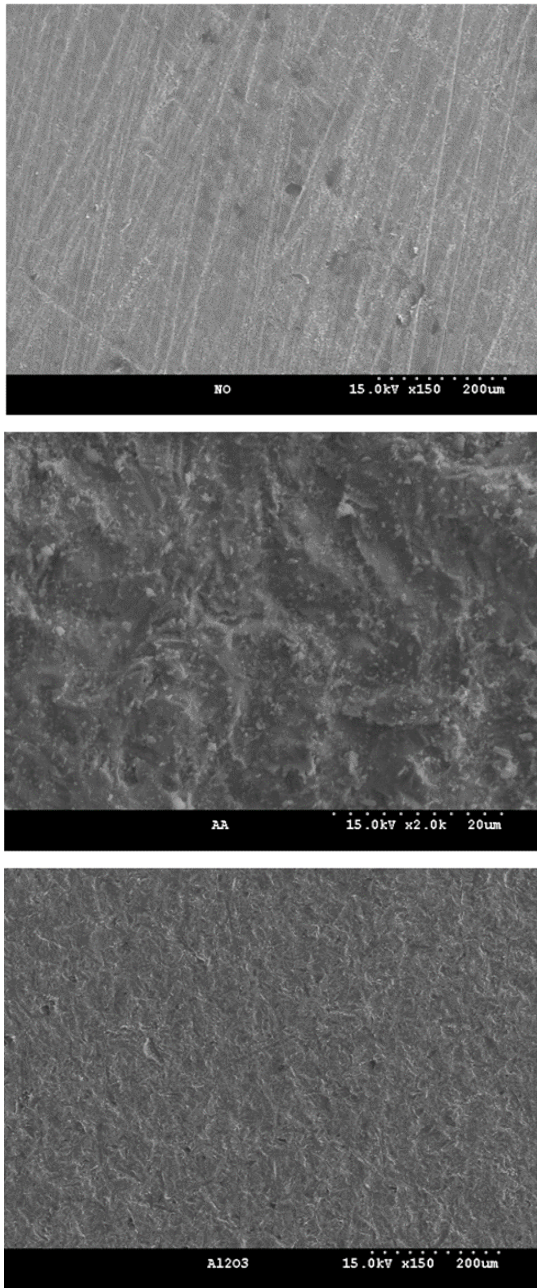


Figure 3. SEM view of the zirconia ceramic specimen surfaces (NO) no sandblasting, (AA) only sandblasting, (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sandblasting and alcohol ultrasonic.

## 고찰

알루미나를 이용한 샌드 블라스팅의 결과 지르코니아 표면에 알루미나 입자가 관찰되며 표면 거칠기가 증가되어 미세 기계적 성질이 향상되었다. 이 입자는 알콜 용액 세척으로 제거된다.(Fig 3, NO, AA, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 이번 실험의 결과는 이전 연구결과를 뒷받침한다(Kern M 등, 1994). 샌드 블라스팅은 표면 거칠기를 증가시키고 오염물질을

제거하며 지르코니아 표면을 활성화 시키는 목적으로 사용된다(Yang B 등, 2010). 반면에, 샌드 블라스팅이 지르코니아 세라믹을 상변이 시키거나 미세파절을 야기할 수 있음이 제안되었다. 결과적으로 지르코니아의 우수한 기계적 성질을 좋지 않게 변화시키게 된다(Yun JY 등, 2010).

지르코니아 표면에 분사압력변화에 의한 airborne particle abrasion에 대한 부정적 효과는 나타나지 않으므로 분사압력은 중요한 요소가 아님을 알 수 있었다(Yang B 등, 2010). Valandro LF 등(2006)은 Rocatec 시스템 (30 μm alumina particles modified by silica)과 실란화가 110 μm 알루미나 입자를 이용한 airborne particle abrasion보다 더 효과적이라고 했다. 그러나, 장기적인 연구결과에서 이러한 방법은 안정적이지 못하다(Lin J 등, 2010). Gomes AL 등 (2013)은 110 μm 알루미나 입자를 처리한 지르코니아가 50 μm로 처리한 경우와 결과는 동일하다고 했다. 그러므로 이번 연구에서는 2.5 bar의 110 μm 알루미나 입자가 사용되었다.

대부분의 연구는 110 μm 알루미나 입자로 처리와 10-MDP를 함유된 레진 시멘트가 지르코니아에 안정된 결합력을 보여준다(Gomes AL 등, 2013). 그러나 10-MDP 단량체가 고농도로 존재할 경우 오히려 기계적 강도를 약화시킬 수도 있다(Lin J 등, 2010). 최근에 소개된 지르코니아 프라이머는 organophosphate monomer 와 organo-silanes 함유하고 있고 지르코니아 세라믹에 대한 접촉 강도를 향상시킨다(Magne P 등, 2010). 또한 이 프라이머는 지르코니아와의 결합을 촉진시키는 10-MDP가 포함되어 있지 않다.

이번 연구에서, Panavia F2.0 (4.61 MPa)은 RelyX Unicem (18.57 MPa)와 Multilink Speed (18.21 MPa)에 비해 낮은 결합 강도를 보였다. 가능한 설명은 (1) Panavia 를 실란과 같이 사용한 경우 단독으로 사용하는 경우에 비해 결합력이 감소한다 (Blatz MB 등, 2010). Monobond Plus는 실란과 인산을 함유하고 있다. 지르코니아에 결합된 실란과 인산 단량체는 Panavia에 함유된 10-MDP보다 덜 효과적이기 때문이다 (Kim N 등, 2012). (2) 혼합된 Panavia F2.0이 지르코니아의 표면 적용 시 높은 점도를 보여 표면에 부분적으로 접촉하는 것으로 생각된다. (3) 혼합 시 Panavia F2.0의 paste A 와 paste B 혼합비가 일정하지 못할 것으로 생각된다.

Multilink Speed (18.21 MPa)는 RelyX Unicem (18.57 MPa)와 지르코니아에서 거의 같은 효과를 보였다. Multilink Speed는 adhesive phosphate monomer는 없지만 기계적 성능을 개선할 수 있는 dimethacrylate, HEMA를 포함하고

있으며 이로 인해 Multilink Speed가 높은 결합 강도를 나타낸 것이라 생각된다(Farrokh A 등, 2012).

자가 접착 레진 시멘트는 부가적인 술식없이 편리하게 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다. RelyX Unicem의 phosphoric acid methacrylate 단량체가 이번 실험에서 지르코니아 접착시 가장 효과적이었다. RelyX Unicem는 결합강도를 향상시킬 수 있는 methacrylate monomers, adhesive phosphate monomer 와 silanated fillers를 포함하고 있다(Blatz MB 등, 2003; Senyilmaz DP 등, 2007; Attia A 등, 2011).

GPDM (glycerol dimethacrylate dihydrogen phosphate) 을 포함한 MaxCem Elite는 인산염 단량체를 포함한 RelyX Unicem와 Multilink Speed 보다 낮은 접착 강도를 보여주었다(Lin J 등, 2010). RelyX Unicem와 Multilink Speed는 약간의 흡착만 나타내고 하지만 MaxCem Elite는 매우 높은 물 흡착과 용해도를 나타낸다(Farrokh A 등, 2012). 이로 인해 본 연구에서 물속에 저장 후 MaxCem Elite가 낮은 접착강도를 나타내었다고 생각된다.

모든 시편은 체온 상태가 아니라 실온에서 보관되고 실험되었다. 화학 반응 중 분자의 빠른 움직임은 높은 온도와 관련이 있다(Vrochari AD 등, 2009). 10 분 설정 시간은 본 연구에서 사용된 이상적인 초기 설정 단계를 나타낸다(Vrochari AD 등, 2009).

10~13 MPa이 임상적 접착에서 허용되는 최소 압력으로 제안된다(Attia A 등, 2011). 따라서 본 연구에서는 RelyX Unicem와 Multilink Speed는 silane과 Monobond plus 함께 사용할 때 임상에 적용할 수 있다. 반면 MaxCem Elite와 Panavia F2.0를 사용할 때 표면에 더 효과적인 프라이머 또는 방법을 적용할 필요가 있다.

결합 강도를 평가하는 데는 미세인장강도, 미세전단강도, 인장강도, 전단강도와 같은 방법이 있다. 미세 인장강도 측정시 지르코니아의 기계적 경도 특성으로 인해 레진-세라믹 계면에서 시편을 절단할 수 없었다. 이 과정은 지르코니아 빔의 피로로 인해 재료의 debonding을 야기한다. Foxtan 등(2011), Andrade 등(2012)의 연구에 의하면 미세 전단 결합 강도는 초기 미세 파절을 야기할 수 있는 절단 절차가 필요하지 않는 장점이 있다. 강도 값은 시편의 형상, 하중 구성 및 재료의 특성에 따라 달라질 수 있고 인터페이스의 실제 접착 결합 강도도 다를 수 있다. Placido 등(2007) 은 접착된 하이브리드 복합 실린더에서 각각 테스트를 위한 이상적인 부하 장치의 거리 (0.1 mm for micro and 1 mm for shear)가 있음을 보여주었다. 그리고 접착 영역에서 얻은 다양한 값을 바탕으로, 더 좁은 면적에서 더 높은 결합 강도를

얻을 수 있다고 보고하였다. 또한, Foxtan RM 등(2009)은 좁은 면적을 가진 시편은 물속에 저장하여 시효 효과 (aging)를 높이는 데 효율적이라고 언급하였다.

## 결론

1. 자가 접착 레진 시멘트는 지르코니아에 접착 시 다용도 프라이머와 지르코니아의 접착력을 향상시키는데 중요한 역할을 한다.
2. 지르코니아의 접착시 Monobond Plus 처치한 RelyX Unicem과 Multilink Speed의 사용이 추천된다.

## 참고 문헌

- Aboushelib MN, Matinlinna JP, Salameh Z, Ounsi H (2008). Innovations in bonding to zirconia-based materials: Part I. *Dent Mater* 24(9):1268-1272.
- Andrade AM, Garcia E, Moura SK, Reis A, Loguercio A, Silva LM, Pimentel GH, Grande RH (2012). Do the microshear test variables affect the bond strength values? *Int J Dent* 618960:6 pages.
- Attia A (2011). Bond strength of three luting agents to zirconia ceramic - influence of surface treatment and thermocycling. *J Appl Oral Sci* 19(4):388-95.
- Blatz MB, Sadan A, Kern M (2003). Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 89(3):268-74.
- Blatz MB, Phark JH, Ozer F, Mante FK, Saleh N, Bergler M, Sadan A (2011). In vitro comparative bond strength of contemporary self-adhesive resin cements to zirconium oxide ceramic with and without air-particle abrasion. *Clin Oral Investig* 14(2): 187-192.
- Blatz MB, Sadan A, Soignet D, Blatz U, Mercante D, Chiche G (2003). Long-term resin bond to densely sintered aluminum oxide ceramic. *J Esthet Restor Dent* 15(6):362-369.
- Farrokh A, Mohsen M, Soheil S, Nazanin B (2012) . Shear bond strength of three self-adhesive resins to dentin. *Indian J Dent Res* 23(2):221-225.
- Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJ (2011). Self-

- adhesive resin cements -chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil* 38(4):295-314.
- Foxton RM, Cavalcanti AN, Nakajima M, Pilecki P, Sherriff M, Melo L, Watson TF (2011). Durability of resin cement bond to aluminium oxide and zirconia ceramics after air abrasion and laser treatment. *J Prosthodont* 20(2):84-92.
- Gomes AL, Castillo-Oyagüe R, Lynch CD, Montero J, Albaladejo A (2013). Influence of sandblasting granulometry and resin cement composition on microtensile bond strength to zirconia ceramic for dental prosthetic frameworks. *J Dent* 41(1):31-41.
- Inokoshi M, Kameyama A, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B (2013). Durable bonding to mechanically and/or chemically pre-treated dental zirconia. *J Dent* 41(2):170-179.
- Kern M, Thompson VP (1994). Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent* 71(5):453-61.
- Kim N, Shim JS, Moon HS, Lee KW (2012). Effect of universal primer on shear bond strength between resin cement and restorative materials. *J Korean Acad Prosthodont* 50(2):112-118.
- Lin J, Shinya A, Gomi H, Shinya A (2010). Effect of self-adhesive resin cement and tribochemical treatment on bond strength to zirconia. *Int J Oral Sci* 2(1):28-34.
- Luthardt RG, Holzhüter M, Sandkuhl O, Herold V, Schnapp JD, Kuhlisch E, Walter M (2002). Reliability and properties of ground Y-TZP-zirconia ceramics. *J Dent Res* 81(7):487-491.
- Matinlinna JP, Heikkinen T, Ozcan M, Lassila LV, Vallittu PK (2006). Evaluation of resin adhesion to zirconia ceramic using some organosilanes. *Dent Mater* 22(9):824-831.
- Magne P, Paranhos MP, Burnett LH Jr (2010). New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dent Mater* 26(4):345-352.
- Miragaya L, Maia LC, Sabrosa CE, de Goes MF, da Silva EM (2011). Evaluation of self-adhesive resin cement bond strength to yttria-stabilized zirconia ceramic(Y-TZP) using four surface treatments. *J Adhes Dent Oct* 13(5):473-480.
- Placido E, Meira JB, Lima RG, Muench A, de Souza RM, Ballester RY (2007). Shear versus micro-shear bond strength test: a finite element stress analysis. *Dent Mater* 23(9):1086-1092.
- Senyilmaz DP, Palin WM, Shortall AC, Burke FJ. The effect of surface preparation and luting agent on bond strength to a zirconium-based ceramic. *Oper Dent*. 2007;32(6):623-630.
- Valandro LF, Ozcan M, Bottino MC, Bottino MA, Scotti R, Bona AD (2006). Bond strength of a resin cement to high-alumina and zirconia-reinforced ceramics: the effect of surface conditioning. *J Adhes Dent* 8(3):175-181.
- Vrochari AD, Eliades G, Hellwig E, Wrbas KT (2009). Curing efficiency of four self-etching, self-adhesive resin cements. *Dent Mater* 25(9):1104-1108.
- Yang B, Barloi A, Kern M (2010). Influence of air-abrasion on zirconia ceramic bonding using an adhesive composite resin. *Dent Mater* 26(1):44-50.
- Yun JY, Ha SR, Lee JB, Kim SH (2010). Effect of sandblasting and various metal primers on the shear bond strength of resin cement to Y-TZP ceramic. *Dent Mater* 26(7):650-658