

선택적 침투 부식법(Selective infiltration etching technique)이 지르코니아와 비니어 세라믹의 전단결합강도에 미치는 영향

박다령¹, 김정미², 정수하³, 배지명¹, 오승한¹

원광대학교 치과대학 치과생체재료학교실 및 생체재료-매식연구소¹, 원광대학교 치과병원 치과기공실², 충북 보건과학대학교 치기공과³

The effect of selective infiltration etching technique on the shear bond strength between zirconia and veneering ceramic

Da-Ryeong Park¹, Jeong-Mi Kim², Su-Ha Jeoung³, Ji-Myung Bae¹, Seunghan Oh¹

Department of Dental Biomaterials and institute of biomaterial-implant, College of Dentistry, Wonkwang University, Iksan, Korea¹ Dental Laboratory, Wonkwang University Dental Hospital, Iksan, Korea² Department of Dental Laboratory Technology, Chungbuk Health & Science University, Cheongwon, Korea³

(Received: May. 26, 2014; Revised: Jun. 17, 2014; Accepted: Jun. 17, 2014)

DOI : <http://dx.doi.org/10.14815/kjdm.2014.41.2.113>

ABSTRACT

The purpose of this research was to treat the surface of zirconia via glass infiltration etching technique and estimate the effect of this etching technique on the shear bond strength of zirconia and veneering ceramic. 3 mol% Y₂O₃ stabilized zirconia powder and glass powder used in preparing veneering ceramic were mixed with various amounts (20, 40, 60, 80, and 100 wt%). The shear bond strength and failure mode of veneering ceramic which was produced on the etched zirconia surface were analysed. From the results of bond strength test showed that the value of 80 wt% glass group (35.52 ± 5.24 MPa) was significantly higher than that of other experimental groups (p < 0.05). The observation of fractured surfaces of experimental specimens indicated that 80 and 100 wt% glass groups showed cohesive failure and other groups illustrated adhesive and mixed failure mostly. Therefore, glass infiltration etching technique was expected to enhance the bond strength of zirconia and veneering ceramic and be feasible in clinical usage.

Key Words : selective infiltration etching, zirconia, veneering ceramic, shear bond strength

서 론

CAD/CAM의 활용이 보편화되고, 재료의 발전으로 인해 보철물의 정밀도와 편리성을 향상시켜 심미적인 수복물 제작에 있어서 도재 활용도는 전 보다 증가하고 있다 (Scherrer, 1999). 심미적 수복치료를 위한 환자의 요구 대해 전부 도재 수복물은 탁월한 심미성을 제공함으로써 전치부에서부터 구치부에 이르기까지 성공적으로 이용되

어지고 있다(Bindle 등, 2006). 그 중 지르코니아는 심미성과 생체 적합성이 우수할 뿐 아니라 강도 면에서도 기존의 금속 도재관에 비해 우수하고 다양한 특성, 구조적 안정성, 화학적 안정성 등으로 인하여 최적의 코어재료로 사용되고 있다(Albakry 등, 2003).

지르코니아 수복물은 우수한 물리적 성질과 생체 안정성, 보철물의 심미성을 더욱 향상 시켰지만, 지르코니아 자체의 불투명성과 백색은 임상에서 사용 시 자연스러운 색상 재현이 어렵다는 결점이 있다(Daftary와 Donovan, 1986; Kelly, 1999). 이러한 단점을 보완하고 치아색의 완벽한 재현과 투명성을 갖는 정밀한 보철수

* 교신저자 : 전북 익산시 익산대로 460, 우편번호 570-749 원광대학교 치과대학 치과생체재료학교실, 오승한
Tel : 063-850-6982, E-mail shoh@wku.ac.kr

복물의 완성을 위해서는 비니어 세라믹 축성을 위한 추가적인 소성과정이 필요하다(Aboushelib 등, 2008; Braga 등, 2000).

임상적으로 비니어 세라믹의 갈라짐이나 보존의 손실은 지르코니아와 비니어 세라믹의 이중구조 도재관에서 가장 빈번하게 보고된 문제이다(Roediger 등, 2010). 또한 비니어 세라믹의 결정화 정도와 비니어 세라믹의 강도는 수복물의 수명을 결정짓는 요소이다(Quinn 등, 2003). 치과보철물로 이용하기 위해서는 상부도재와 지르코니아의 결합이 매우 중요함을 알 수 있다. 따라서, 안정적인 지르코니아와 도재간의 결합을 위해 샌드 블라스팅, 다이아몬드 버 등을 사용하여 지르코니아 표면을 거칠게 만드는 기계적 유지 방법과 프라이머를 도포하거나 HF로 지르코니아 표면을 부식시키는 화학적 방법 등의 다양한 표면 처리 방법 등이 보고되고 있다(ISO 9693, 1999; Dérand와 Dérand, 2000; Wegner와 Kern, 2000). 이 연구들은 이론적으로 표면적이 증가해야 수복물이 강하고 오래 견딜 수 있다는 기전을 바탕으로 실험이 수행되었음을 알 수 있다(Luthardt 등, 1999; Kosmac 등, 1999).

최근, 기존에 있는 표면처리 방법을 대체할 수 있는 새로운 기술의 창안으로 더 많은 유지를 갖는 고강도의 세라믹 코어로 변경하려는 많은 시도를 하고 있다. 그 중, 선택적 침투 부식(Selective infiltration etching; SIE)이라는 유기산화물에 의해 세라믹 기질의 침투를 기반으로 하여 알갱이 사이로 미세유지공간이 만들어지는 불규칙한 표면을 만드는 혁신적인 표면 처리 방법이 새롭게 고안되었다. 선택적 침투 부식은 지르코니아와 레진 시멘트 계면의 결합을 증진시키기 위하여 처음으로 제안된 부식법이다. 선택적 침투 부식은 열유도 침투 원리를 기초로 하고, 지르코니아 입자의 재배열을 결정할 뿐만 아니라, 저점도 레진 재료와의 결합에서는 알갱이 사이의 나노기공이 형성되어 강한 결합을 형성한다(Aboushelib 등, 2005; Aboushelib 등, 2007; Oyangüe 등, 2009).

따라서, 본 실험에서는 지르코니아와 레진 시멘트에

적용하는 표면처리방법인 선택적 침투 부식을 지르코니아와 비니어 세라믹의 계면에 적용시켜 지르코니아와 비니어 세라믹 간의 결합 향상에 미치는 영향을 평가하였다. 또한, 선택적 침투 부식 표면처리 분말로 사용되는 지르코니아와 유리 조절제의 혼합비에 따른 전단결합강도 및 파절양상을 평가하고 최대 결합강도를 보이는 최적의 혼합비를 찾고자 한다.

재료 및 방법

1. 지르코니아 시편과 혼합 분말 제작

본 연구에서는 지르코니아 시편제작을 위해 zirconia block(Zirconia full crown & build up, ZirkonZahn, Bruneck, Italy)을 사용하였고, 그 외 본 연구 수행에 사용된 비니어 세라믹, 지르코니아 분말, 및 유리 조절제 등의 정보를 Table 1에 나타내었다.

본 실험을 위한 시편은 소결되지 않은 지르코니아 블록을 사각형의 형태로 제작하였다. 실험을 이용하여 절단하여, SiC 연마지 400번, 800번, 1200번으로 시편의 모든 면을 순차적으로 연마하여 소결 시 수축량을 고려하여 본래의 크기보다 약 20% 크게 제작하였다.

그리고, 지르코니아 전용 소결로(Zirkonofen 600, Zirkonzahn, Bruneck, Italy)에서 240분 후에 1600 ℃ 까지 승온하고 1600 ℃에서 2시간 계류 후, 360분간 서냉하였다. 소성된 시편은 최종 연마 육면체 모양(5 mm × 5.4 mm × 13 mm)의 주 모형시편으로 제작하였다(Figure 1).

선택적 침투 부식을 시행하기 위하여 선택적 침투 부식용 표면처리 분말을 제작하였다. 지르코니아 블럭 성분인 3 mol% 부분안정화 지르코니아 분말(KZ-3YF AC, KCM, Nagoya, Japan)에 비니어 세라믹 성분인 저융점 유리와 유기산화물 등으로 구성된 유리 조절제(Glass Conditioner; IPS e,max Ceram, A2 Shade, Ivoclar Vivadent, Germany)를 20, 40, 60, 80 및 100

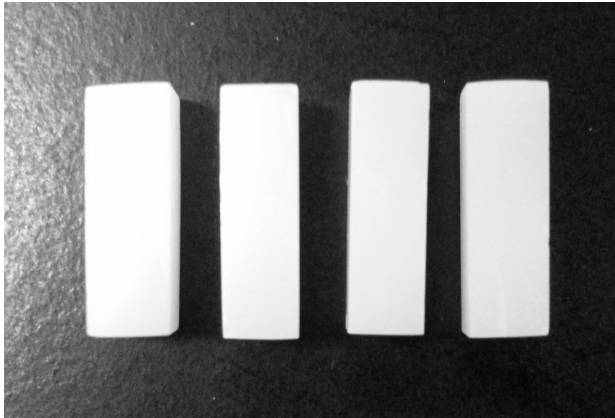
Table 1. Materials used in this study

| Material | Brand name | Manufacturer | LOT No. |
|--------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------|
| Zirconia Block | Zirkonzahn CE 0476 | Zirkonzahn SRL, Italy | ZB3033P |
| Veneering Ceramic | IPS e,max ceram A2 | Ivoclar vivadent, Germany | S25677 |
| Zirconia Powder | KZ-3YF AC | KCM, Japan | 24794 |
| Glass Conditioner | IPS e,max ceram A2 | Ivoclar vivadent, Germany | S25677 |
| Aluminum Oxide Particles | Aluminum oxide 50 _{µm} | DANVILLE, USA | 26151 |

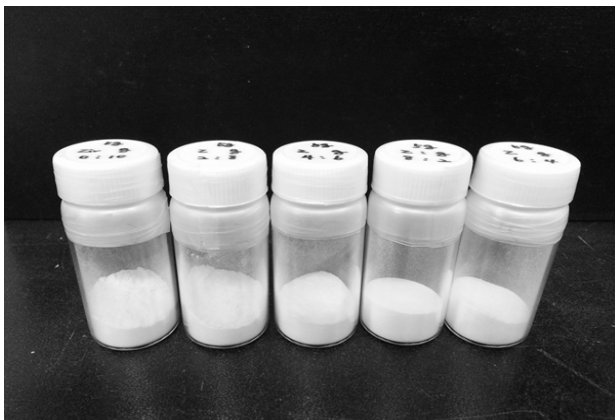
Table 2. Powder ratio for the surface treatment of selective infiltration etching (단위:wt%)

| Material | G20 | G40 | G60 | G80 | G100 |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| Glass Conditioner | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Zirconia Powder | 80 | 60 | 40 | 20 | 0 |

wt%의 비율로 혼합하여 각각 5 g씩 제조하였다(Table 2 및 Figure 1).



(a)



(b)

Figure 1. (a) The main model specimens (5 mm × 5.4 mm × 13 mm) (b) 3 mol% yttria stabilized zirconia powder and glass conditioner in different composition.

2. 선택적 침투 부식(SIE) 처리된 시편 제작 및 표면 관찰

다양한 비율로 혼합한 선택적 침투 부식 표면처리 분말을 70% 에탄올과 혼합하여 소결된 주 모형 지르코니아 위에 얇게 도포하였다. 도재로(AUSTROMAT 3001, DEKEMA, Keramikofen, Germany)에서 3분 동안 750 °C에서 유지하고, 650 °C로 냉각시켜 1분 유지 후, 다시 750 °C로 가열하여 20분 동안 유지시킨 후 실온으

로 냉각하였다. 그리고, 5 wt% 불산(HF, Merck, USA)에 2시간 동안 침지시킨 후, 5분 동안 초음파 세척하고 건조시켰다. 건조된 시편위에 비니어 세라믹을 길이 4.0 mm × 넓이 5.4 mm × 높이 3.0 mm로 축성하여 제조사에서 권장하는 프로그램에 따라 소성하였다(Figure 2).

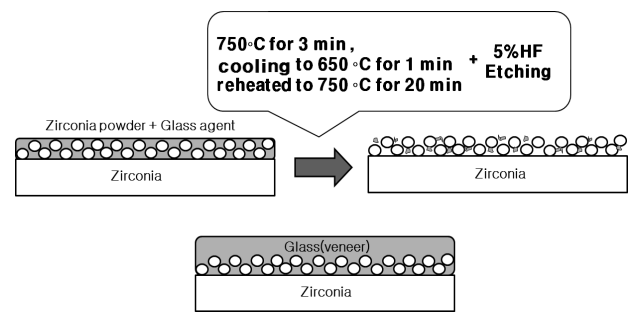


Figure 2. Schematic diagram of selective infiltration etching (SIE) process.

선택적 침투 부식 표면처리된 지르코니아 실험군 결과의 비교 평가를 위하여 표면처리를 하지 않은 지르코니아 코어(대조군 1)와 50 μm 알루미늄 입자를 이용하여 4 bar의 압력으로 30초 동안 샌드 블라스트 처리한 지르코니아 코어(대조군 2)를 2 가지 대조군으로 설정하였다. 그리고, 선택적 침투 부식으로 제작된 모든 시편 표면을 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope:SEM, JSM6360, JEOL, Japan)으로 관찰하였다.

3. 전단결합강도 측정

소성된 시편은 원통형 테플론 몰드(Ø 25 mm × h 30 mm)에 교정용 아크릴릭 레진(Ortho-Jet, Lang Dental Manufacturing co., Wheeling, USA)을 사용하여 지르코니아 코어가 중앙에 위치하도록 포매한 후, SiC 연마지 500번, 1000번, 및 1200번으로 연마하였다. 연마를 마친 시편은 증류수로 10분간 초음파 세척하였다. 최종 시편은 만능시험기(Z020, Zwick, Ulm, Germany)을 이용하여 crosshead-speed 0.5 mm/min으로 전단결합강도를 측정하였다(Figure 3). 모든 실험군의 전단결합강도 결과는 2 가지 대조군 강도 결과와 비교 평가하였다.

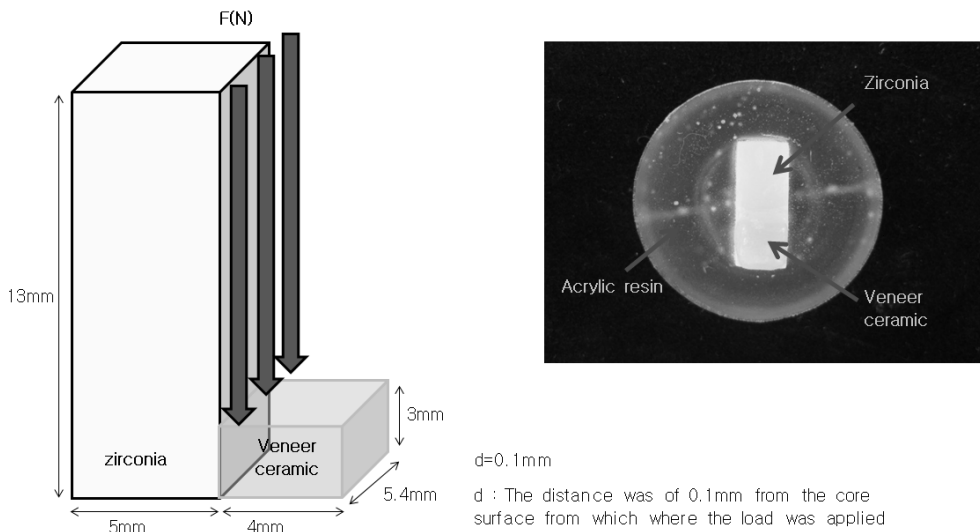


Figure 3. Schematic diagram of Schmitz Schulmeyer method. Arrow indicates the direction load application during shear bond testing, the specimens were embedded with a resin for fixation.

4. 파절양상 분석

시편의 파절양상은 3가지로 분류하였다. 지르코니아 블럭과 비니어 세라믹의 접합 부분(접착파절)에서 파절된 경우 A로 분류하였다. 비니어 세라믹 부분(응집파절)만 파절된 경우 B라 하였고, 지르코니아 블럭과 비니어 세라믹의 접합 부분(접착파절)과 비니어 세라믹 부분(응집파절)이 복합적으로 파절된 경우 C로 분류하였다(Figure 4). 모든 실험군의 파절양상은 2 가지 대조군의 파절양상과 비교평가되었다.

5. 통계분석

전단결합강도 결과의 통계분석은 SPSS 프로그램(SPSS 12.0; SPSS GmbH, Munich, Germany)을 사용하여 분석하였다. 결합 강도 결과는 one-way ANOVA로 신뢰수준 95%에서 분석하였고, 사후검정으로 Duncan's multiple range test를 시행하였다.

결 과

1. 주사전자현미경(SEM) 관찰

모든 실험군 표면의 주사전자현미경(SEM) 관찰 이미지를 Figure 5에 나타내었다. 표면처리하지 않은 지르코니아 표면은 비교적 매끄러운 표면을 보였고(Figure 5(a)), 50 μm 알루미늄 입자를 4 bar의 압력으로 30초 동안 분사한 지르코니아는 거칠고 불균일한 표면을 나타냈다(Figure 5 (b)). 유리 조절제 100%을 도포하고 선택적 침투 부식을 시행한 G100 실험군은 다공성의 표면을 나타내었고, 유리 조절제가 80% 첨가된 G80 실험군에서는 다공성의 표면에 지르코니아 분말의 입자가 적절하게 혼합되고 언더컷을 형성하여 보다 넓은 표면적을 나타냈다. 유리 조절제가 60, 40 및 20% 첨가된 G60, G40, 및 G20 실험군들은 지르코니아 분말의 함량이 높아 G100 및 G80에 비하여 낮은 표면 거

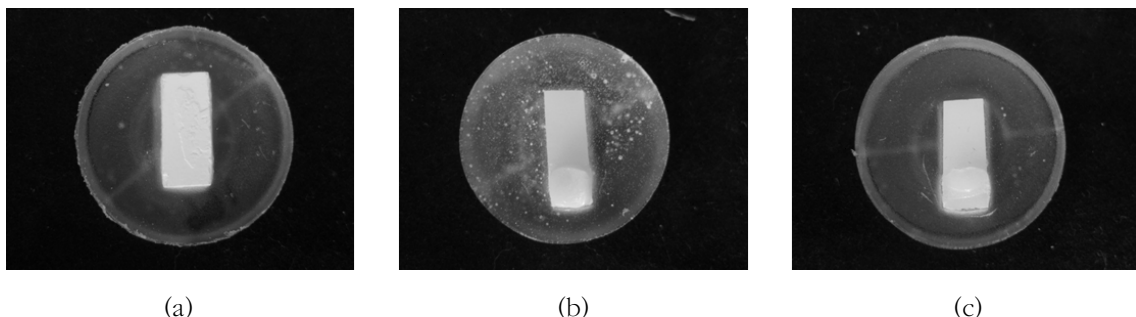


Figure 4. Photo images of fracture modes. (a) adhesive failure mode, (b) cohesive failure mode, and (c) complex failure mode

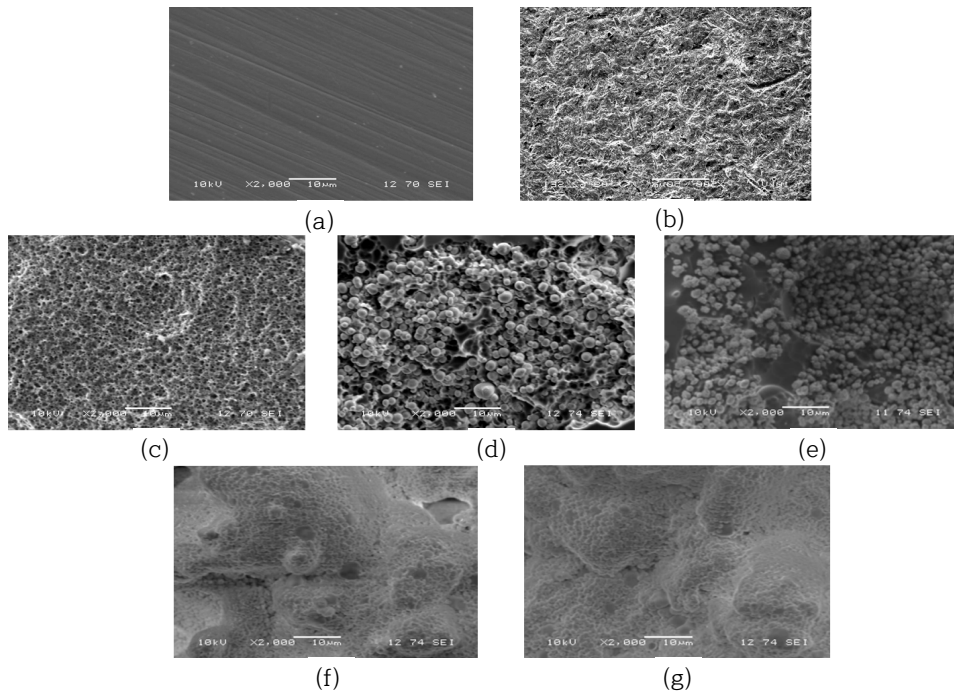


Figure 5. Scanning electron microscope(SEM) micrographs(x2000) of zirconia after different surface treatment (a) no treated (b) sand blasted by 50 μm aluminum oxide particles at 4bar pressure(30s) (c) selective infiltration etching(SIE); G100 (d) G80 (e) G60 (f) G40, and (g) G20.

철기를 나타내었다.

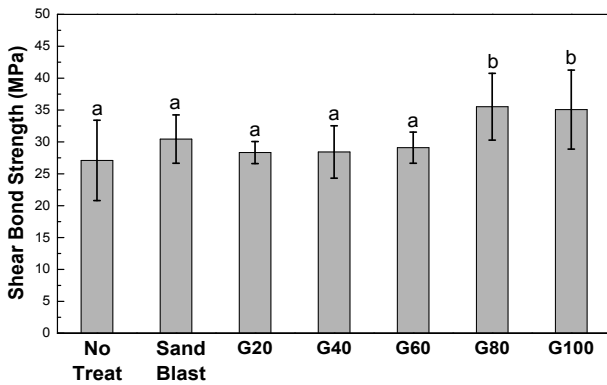


Figure 6. Shear bond strength values(MPa) of different test

groups. Different lowercase letters indicate statistically significant differences among the groups(Duncan's multiple range test, $p < 0.05$).

2. 전단결합강도

Schmitz Schulmeyer 법으로 측정된 전단결합 강도를 측정하 결과, 유리조절제가 80 wt%인 G80 실험군 (35.52 ± 5.24 MPa)과 100 wt%인 G100 실험군(35.07 ± 6.19 MPa)의 결과가 다른 실험군 및 대조군 결과보다 유의차 있게 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$). 그리고, 유리 조절제가 20, 40, 및 60% 첨가된 G20, G40 및 G60 실험군의 결과는 표면처리하지 않은 대조군1

Table 3. Distribution of fracture modes in the experimental groups

| | Adhesive(A) | Cohesive(B) | Mixed(C) |
|---------------|-------------|-------------|----------|
| No treatment | 5 | 1 | 1 |
| Sand blasting | 2 | 2 | 3 |
| G20 | 6 | 0 | 1 |
| G40 | 5 | 0 | 2 |
| G60 | 3 | 1 | 3 |
| G80 | 1 | 4 | 2 |
| G100 | 0 | 5 | 2 |

및 샌드블라스트 처리된 대조군2의 결과와 유사한 30 MPa 이하의 낮은 전단결합강도를 나타내었다.

3. 파절양상

파절양상을 관찰한 결과, 유리 조절제가 80 및 100%인 G80 및 G100 실험군에서는 응집파절이 주된 파절양상이었으나, 표면처리 하지 않은 대조군, 샌드블라스트 처리된 대조군 및 다른 실험군에서는 접착파절과 복합파절의 양상이 많이 발견되었다(Table 3).

고 찰

본 연구에서는 3 mol% 부분 안정화 지르코니아 분말에 유리 조절제를 20, 40, 60, 80 및 100 wt% 혼합하여 도포한 후, 선택적 침투 부식법을 시행하고 비니어 세라믹을 측정하여 지르코니아의 새로운 표면처리인 선택적 침투 부식을 적용하였을 시 전단결합강도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

선택적 침투 부식은 레진시멘트와 결합 할 수 있도록 지르코니아의 밀도, 표면을 변환하여 다공성 표면을 만드는 새로운 표면 처리 방법을 제안된 것으로 특수한 실리카를 기반으로 한 유리 조절제를 표면에 얇게 도포하고 도재로서 소성시킨다. 750 °C의 전이점을 넘으면 유리가 가열되어 입자 경계 지역에 분산되기 시작하며 유리가 녹으면 표면 입자의 분리와 이동을 용이하게 한다. 이 특별한 유리의 제거 후, 표면은 표면 입자 사이의 3차원 미세 기공을 보여준다. 선택적 침투 부식처리 후, 지르코니아 표면에 생긴 3차원적인 공극은 레진시멘트와 지르코니아 사이에 충분한 미세 기계적 유지력을 부여하여 이를 통해 높은 결합강도를 얻을 수 있다(Aboushelib, 2011). 본 연구에서는 지르코니아와 레진시멘트를 결합하는 기존의 선택적 침투 부식을 변형시켜 지르코니아와 비니어 세라믹의 계면에 적용하기 위하여 유리 조절제와 지르코니아 블록과 같은 성분의 3 mol% 부분 안정화 지르코니아 분말을 비율별로 혼합하여 도포한 후, 선택적 침투 부식을 시행하여 표면을 SEM으로 관찰하였다. 그 결과, 유리 조절제 100 wt%인 G100의 실험군은 이전 연구에서와 같은 다공성의 표면을 나타냈고, 유리 조절제 80 wt%인 G80 실험군에서는 다공성의 표면에 지르코니아 분말의 입자가 혼합되어 언더컷이 형성되면서 표면적이 넓어짐을 관찰 할 수 있었다(Figure 5). 이는 비니어

세라믹을 측정 시 높은 전단결합강도를 결정하는 중요한 요인이 되었을 것으로 사료된다.

전단결합강도 측정을 위하여 실험군 당 10개의 시험 시편을 제작하여 측정하였고, 결합이 있거나 파절이 있는 시편을 제외하고 각 군 당 7개의 결과를 가지고 전단결합강도 결과를 나타내어 통계분석을 수행하였다. Figure 6에서 보는 바와 같이, 유리조절제가 80 wt%인 G80 실험군(35.52 ± 5.24 MPa)과 100 wt%인 G100 실험군(35.07 ± 6.19 MPa)의 결과가 다른 실험군 및 대조군 결과보다 유의차 있게 높은 값을 나타내었다 ($p < 0.05$). 물론, 세라믹은 전형적으로 취성을 가진 재료로서 강도측정 및 통계분석에 있어서 많은 수의 시편이 필요하다. 하지만, 선택적 침투 부식법이 기술적으로 민감하므로 본 연구를 수행하는데 있어 지르코니아 세라믹 시편 제작이 용이하지 않아 각 군 당 10개의 시편을 제작하였지만, 파절 및 결합으로 인하여 군 당 7개의 시편으로 측정된 결과를 바탕으로 통계분석이 수행되었다. 비록 적은 수를 바탕으로 통계분석을 수행하여 결과 수치에 대한 신뢰성이 떨어져 바람직하지 않다고 예측할 수 있으나, 본 연구 수행에 사용된 Schmitz Schulmeyer 모델은 인레이 또는 크라운 형태 등 복잡한 모형의 전단결합강도 시험 모델에 비하여 비교적 단순하고 일관성 있게 측정할 수 있고, G80 및 G100 실험군 전단결합강도 결과가 다른 실험군 결과에 비하여 대략 5 MPa 이상의 차이로 월등히 높은 것으로 보아 전단결합강도 시험 시편 수 및 통계처리는 결과 분석에 충분하다고 사료된다. 현재 해당 실험 결과의 신뢰성을 높이기 위하여 추가실험이 진행 중에 있다. 또한, Al-Dohan 등(2004)의 연구에서는 지르코니아 코어와 비니어 세라믹 시스템에서 임상적으로 적절한 전단결합강도는 22-31 MPa라 보고하였고, Dundar 등(2007)은 23-41 MPa이라고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 가장 큰 전단결합강도를 나타낸 G80 및 G100 실험군은 임상적으로 적용하기에 충분하다고 판단된다.

코어-비니어 사이의 접착력에 영향을 미치는 요인으로는 열과 응력에 의한 코어-비니어간 지르코니아 입자의 상전이 현상, 부적절한 코어 디자인, 코어와 비니어링 세라믹의 열팽창계수의 차이, 비니어링 세라믹 소성 후 수축, 비니어링 세라믹에 의한 코어의 낮은 젖음성, 여러 기공과정 동안 발생한 고유의 결합 등을 나타낸다(Aboushelib 등, 2006). Isgro 등(2003)은 지르코니아 코어와 비니어 세라믹의 결합강도에 영향을 미치는 요인으로 기계적 유지에 영향을 줄 수 있는 표면 처리, 열팽창 계수의 부조화에 의한 잔여 응력, 지르코

니아 코어와 비니어 세라믹의 결합면의 구조적 결합이라 하였다. 하지만, 선택적 침투 부식법에 의한 표면처리에 따른 지르코니아 코어-비니어 세라믹의 전단결합강도 결과를 바탕으로 샌드 블라스팅이나 표면 절삭 등으로 표면을 불규칙하고 거칠게 하여 표면에 부분 응력을 전가하는 기계적인 결합보다는 표면에 굴곡이나 흠집 등의 손상을 주지 않고 표면조도가 높은 새로운 층을 형성시키는 화학적 결합이 지르코니아 코어와 비니어 세라믹의 결합력을 증진시키는 것으로 판단된다.

Table 3에서 보는 바와 같이, 본 실험에서 모든 실험군의 파절양상은 2 가지 대조군, G20, G40, 및 G60 실험군에서는 접착파절과 복합파절의 양상이 많이 나타났지만, G100 및 G80 실험군에서는 강한 결합을 나타내는 응집파절양상을 많이 나타내는 것으로 보아 유리 조절제의 농도가 높을수록 지르코니아와 비니어 세라믹의 결합력을 높이는 것으로 사료된다. Mecholsky (1995)는 파절의 시작점 위치, 종류, 크기를 판별하는 것은 파절의 시작에서부터 진행과정을 파악하여 수복물의 파절을 알 수 있어 파절면의 관찰은 세라믹과 같은 취성물질의 파절양상을 이해하는데 도움을 준다고 하였다. 또, 지르코니아 코어와 접촉하는 비니어 세라믹 계면에서 많은 파절이 일어난다고 하였다(Studart 등, 2007). 따라서, 지르코니아 코어와 비니어 세라믹 계면에 존재하는 지르코니아 나노분말 필러와 유리 매트릭스는 이러한 파절의 진행방향을 방해하고 진행속도를 늦춤으로써 좀 더 높은 전단결합강도를 나타내는 것으로 판단된다. 또한, 이러한 기전의 체계적인 증명을 위하여 선택적 침투 부식법에 대한 추가 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

결 론

본 연구에서는 선택적 침투 부식을 지르코니아 코어와 비니어 세라믹의 계면에 적용시키기 위하여 3 mol% 부분 안정화 지르코니아 분말에 유리 조절제를 20, 40, 60, 80 및 100 wt%로 혼합하여 지르코니아 표면에 도포한 후, 선택적 침투 부식을 시행하고 비니어 세라믹을 축성하여 전단결합강도 측정과 파절양상을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 주사전자현미경 관찰 결과, 선택적 침투 부식을 시행한 실험군 중 유리 조절제 100 wt% 실험군은 다공성의 표면을 보였고, 유리 조절제 80 wt% 혼합한

실험군에서는 다공성의 표면과 지르코니아 분말의 적절한 혼합양상을 나타내었다. 그 이후의 농도에서는 지르코니아 분말의 분포량이 많아 지르코니아 표면을 덮고 있는 형태를 보였다.

2. 전단결합강도 측정 결과, 유리 조절제 80 wt% 혼합한 실험군(35.52 ± 5.24 MPa)과 유리 조절제 100 wt% 실험군(35.07 ± 6.19 MPa)이 다른 실험군 및 대조군에 비하여 유의차 있는 높은 전단결합강도 결과를 나타내었다(P<0.05).
3. 파절양상 관찰 결과, 유리 조절제 80 wt% 혼합한 실험군과 유리 조절제 100 wt% 실험군에서 대부분 응집파절을 나타내었으나, 다른 실험군과 대조군에서는 접착파절과 복합파절의 양상이 많이 나타났다.

이상의 결과로, 기존의 샌드블라스팅 기술에 비하여 선택적 침투 부식은 지르코니아 코어-비니어 세라믹 결합 향상에 많은 영향을 주고, 임상적으로 적용하기에 충분한 기술임을 확인하였다. 따라서, 선택적 침투 부식은 지르코니아-비니어 세라믹 이종구조 보철물 제작에 유용한 기술로의 가능성이 충분하다고 예측된다.

참고문헌

- Aboushelib MN, de Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ (2005). Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. *Dent Mater*. Oct;21(10):984-91.
- Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ (2006). Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part II: Zirconia veneering ceramics. *Dent Mater*. Sep;22(9): 857-63.
- Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ (2007). Selective infiltration-etching technique for a strong and durable bond of resin cements to zirconia-based materials. *J Prosthet Dent*. Nov;98(5):379-88.
- Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ (2008). Effect of zirconia type on its bond strength with different veneer ceramics. *J Prosthodont*. Jul;17(5): 401-8.
- Aboushelib MN (2011). Evaluation of zirconia/resin bond strength and interface quality using a new technique. *J Adhes Dent*. Jun;13(3):255-60.

- Albakry M, Guazzato M, Swain MV (2003). Fracture toughness and hardness evaluation of three pressable all-ceramic dental materials. *J Dent*, Mar; 31(3):181-8.
- Al-Dohan HM, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME, Lang BR (2004). Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. *J Prosthet Dent*, 91:349-55.
- Bindle A, Lüthy H, Mörmann WH (2006). Thin-wall ceramic CAD/CAM crown copings: strength and fracture pattern. *J Oral Rehabil*, Jul;33(7):520-8.
- Braga RR, Ballester RY, Daronch M (2000). Influence of time and adhesive system on the extrusion shear strength between feldspathic porcelain and bovine dentin. *Dent Mater*, 16:303-10.
- Daftary F, Donovan T (1986). Effect of four pretreatment techniques on porcelain-to-metal bond strength. *J Prosthet Dent*, 58:535-40.
- Dérand P, Dérand T (2000). Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont*, Mar-Apr;13(2):131-5.
- Dündar M, Ozcan M, Gökçe B, Cömlekoğlu E, Leite F, Valandro LF (2007). Comparison of two bond strength testing methodologies for bilayered all-ceramics. *Dent Mater*, May;23(5):630-6.
- Fischer J, Grohmann P, Stawarczyk B (2008). Effect of zirconia surface treatments on the shear strength of zirconia/veneering ceramic composites. *Dent Mater J*, 27(3):448-54.
- ISO 9693 (1999). Metal - ceramic bond characterization (Schwickerath crack initiation test) Geneva, Switzerland : International Organization for standardization.
- Isgrò G, Pallav P, van der Zel JM, Feilzer AJ (2003). The influence of the veneering porcelain and different surface treatments on the biaxial flexural strength of a heat-pressed ceramic. *J Prosthet Dent*, Nov;90(5):465-73.
- Kelly JR (1999). Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *J Prosthet Dent*, 81:652-61.
- Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L (1999). The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dental Materials*, 15:426-33.
- Luthardt RG, Sandkuhl O, Reitz B (1999). Zirconia-TZP and alumina-advanced technologies for the manufacturing of single crowns. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 7:113-9.
- Mecholsky JJ Jr (1995). Fractography: determining the sites of fracture initiation. *Dent Mater*, Mar;11(2):113-6.
- Oyagüe RC, Monticelli F, Toledano M, Osorio E, Ferrari M, Osorio R (2009). Effect of water aging on microtensile bond strength of dual-cured resin cements to pre-treated sintered zirconium-oxide ceramics. *Dent Mater*, Mar;25(3):392-9.
- Quinn JB, Sundar V, Lloyd IK (2003). Influence of microstructure and chemistry on the fracture toughness of dental ceramics. *Dent Mater*, Nov;19(7):603-11.
- Roediger M, Gersdorff N, Huels A, Rinke S (2010). Prospective evaluation of zirconia posterior fixed partial dentures: four-year clinical results. *Int J Prosthodont*, 23: 141-8.
- Scherrer SS, Kelly JR, Quinn GD, Xu K (1999). Fracture toughness (K_{Ic}) of a dental porcelain determined by fractographic analysis. *Dent Mater*, Sep;15(5):342-8.
- Studart AR, Filser F, Kocher P, Gauckler LJ (2007). In vitro lifetime of dental ceramics under cyclic loading in water. *Biomaterials*, Jun;28(17):2695-705
- Wegner SM, Kern M (2000). Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. *J Adhes Dent*, 2(2):139-47.