

## 단일구조 지르코니아(zirconia) 전부도재관의 표면처리에 따른 전장도재와의 전단결합강도

최 병 환, 김 임 선

대구보건대학교 치기공과

## Effect of surface treatments on the shear bond strength of full-contour zirconia layered with porcelain

Byung-Hwan Choi, Im-Sun Kim

Department of Dental Technology, Deagu Health College

### [Abstract]

**Purpose:** The aim of this research was to investigate difference in shear bond strengths of full-contour zirconia layered with porcelain.

**Methods:** Disk-shaped (diameter: 12.0 mm; height: 3.0 mm) zirconia were randomly divided into six groups according to the surface conditioning method to be applied (N=90, n=15 per group): group 1-control group(ZC); group 2-airborne particle abrasion with 50- $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ (5A); group 3-50- $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  + liner(5AL), group 4-110- $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ (1A); group 5-110- $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  + liner(1AL); group 6-liner(LC). On each block, zirconia porcelain was build up according to manufacturer's instructions. All samples were fixed with measuring jigs and shear bond strength were measured with Universal testing machine. Collected data were analyzed using SPSS(Statistical Package for Social Sciences) Win 12.0 statistics program.

**Results:** LC showed the highest value( $29.92 \pm 2.55$  MPa) and ZC showed the lowest value( $13.22 \pm 1.37$  MPa). Zirconia liner and Alumina oxide groups was significantly higher shear bond strength than control( $p < 0.05$ ). 5A (without liner  $22.18 \pm 2.37$ , with liner  $22.84 \pm 1.74$  MPa) was higher shear bond strength than 110 $\mu\text{m}$  (without liner  $20.18 \pm 2.38$ , with  $20.71 \pm 2.67$ ).

**Conclusion:** Surface treatments may have advantage in bond strength improvement for full-contour zirconia layered with porcelain.

○Key words : surface treatments, shear bond strength, zirconia, porcelain

교신저자	성명	최 병 환	전화	010-2070-3164	E-mail	ilovehwani95@hanmail.net	
	주소	대구시 북구 태전동 산 7번지 대구보건대학					
접수일	2013. 4. 19		수정일	2013. 6. 14		확정일	2013. 6. 24

## I. 서론

심미에 대한 환자의 요구가 증가하면서 전치부 뿐만 아니라 구치부에서도 전부도재관의 사용이 증가하고 있다(Komine, 2004). 전부도재관은 기존의 금속 도재관에 비해 심미성이 우수하고, 생체적합성이 좋을 뿐만 아니라 최근에는 물리적인 성질도 개선되어 구치부에도 적용되고 있다(Blatz, 2002). 구치부에 적용 가능한 전부도재관으로는 주조 전부도재관, 백류석 강화형 전부도재관, 알루미늄 전부도재관, 지르코니아 전부도재관등이 여기에 해당된다. 그 중 구치부의 강한 저작압을 견딜 수 있는 지르코니아 보철물의 비중이 상당히 높아지고 있는 추세이다.

지르코니아를 이용한 보철물의 제작 방식은 크게 두가지로 구분된다. 한번의 CAD/CAM작업으로 제작되는 단일구조 전부도재관은 간단한 작업과 최소한의 삭제량으로 충분한 강도를 얻을수 있는 장점이 있지만 대합치의 마모가 과다하게 발생할 수 있으며 심미성이 떨어지는 단점이 있다. 하부의 지르코니아 코어와 상부 도재로 이루어지는 이중구조 전부도재관은 심미성이 뛰어나며 현재 대부분의 지르코니아 전부 도재관에서 사용되고 있지만 파절강도가 약하고 지대치의 삭제량이 많다는 단점이 있다(Jeong, 2006). 또한 지르코니아-도재의 구조의 수복물에 있어 상부 도재와 코어 사이의 결합 실패가 종종 보고 되어 왔다. 이중구조 전부도재관이 장기적으로 사용하기 위해서는 재료 자체의 기계적인 물성이 우수해야 할 뿐만 아니라 코어와 상부 도재간의 결합이 우수해야 한다. 이를 위해 각 제조회사들은 결합력 및 색조의 향상을 목적으로 도재 축성 전에 얇게 도포한 후 먼저 소성하는 도재인 지르코니아 이장재를 출시하였다.

지르코니아 전장용 세라믹 이장재의 사용 유무에 대한 결합력 평가에서 이장재를 도포한 실험군이 도포하지 않은 실험군보다 높은 결과값을 나타냈으며, 통계적 유의한 차를 보였다(안재석 등 2012). 또한 지르코니아 표면을 110 $\mu$ m 크기의 산화알루미늄으로 처리한 연구에서 결합강도가 증가하였음을 보고하였고(Wenger 등, 2000), Aboushelib 등(2006)은 지르코니아 코어와 전장용 세라믹간의 열팽창계수의 차이는 계면 결합실패를 유도하여 전장용 세라믹의 박리현상을 일으킨다고 하였고, 결합강

도에 가장 큰 영향을 미치고, 접착강도는 세라믹의 종류와 라이너 도포가 영향을 준다고 보고하였다.

표면처리를 하여 지르코니아 코어와 도재간의 결합강도를 높이려는 시도가 이루어져 왔으나 단일구조 지르코니아의 심미성을 높이거나 부족한 부분을 수정하기 위해 축성하는 도재와의 결합강도에 관한 연구는 미약한 편이었으며 이에 대한 검증이 필요하다. 지르코니아 이장재 사용 유무에 따른 수종의 지르코니아와 도재와의 전단결합강도에서 IPS 제품에서 지르코니아 이장재의 적용 시 유의차가 있게 결합력이 증가하였으며, Lava와 Cercon 제품에서는 유의한 결합력의 차이가 없었다(김대현, 2007). 따라서 본 논문에서는 IPS 제품을 사용하였다.

이 연구의 목적은 단일구조 지르코니아에 도재를 축성하기 전, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 크기에 따라 표면 처리한 군과 그 위에 라이너를 도포한 군, 그리고 라이너만을 도포한 군으로 나누어 시편을 제작한 다음 지르코니아와 상부도재간의 결합강도를 비교하여 그 임상적 안정성을 평가하는 것이다.

## II. 연구 방법

### 1. 시편 제작

표면처리를 하지 않은 전부 도재관 지르코니아(ZC)을 대조군으로 하였다. 50 $\mu$ m 크기의 알루미늄 입자 처리(5A), 110 $\mu$ m 크기의 알루미늄 입자 처리(1A), 50 $\mu$ m + 라이너 도포(5AL), 110 $\mu$ m + 라이너 도포(1AL), 그리고 라이너를 도포(LC)한 시편을 각각 15개씩, 총90개를 준비하였다.

실험에서 사용된 지르코니아(Prettau<sup>®</sup> Zirconia, zirkonzahn, Bruneck, Italy)는 low speed diamond disc를 사용하여 가소결 상태의 지르코니아 블록을 절단하여 직경 12mm, 높이 3mm의 원반형 시편을 제작하였다. 이후 전용 소성로에 넣어 소결하였다. 지르코니아 표면의 거칠기를 일정하게 만들기 위해 800grit의 sandpaper로 연마 한 후 증류수에 넣어 5분간 초음파 세척하였다. ZC 군을 제작하기 위해 지르코니아 표면에 직경 3.0mm, 높이 3.0mm의 상부 도재(IPS e.max Ceram dentine, Ivoclar-Vivadent, Leichtenstein)를 제조사의 소성 스케줄 (Table 1)에 따라 완성하였다. 5A와 1A군의 제작을

위해 50 $\mu$ m, 110 $\mu$ m의 알루미나를 사용하여 10mm 떨어진 위치에서 압력 2.0기압으로 15초 동안 분사 처리 한 후 상부 도재를 제작하였다. 5LA와 1AL은 각각의 알루미나 처리 후 라이너(IPS e.max Ceram ZirLiner, Ivoclar-Vivadent, Leichtenstein)를 도포하여 소성 한 후 도재를

제작하였다. LC시편은 라이너만을 도포하여 도재를 소성하였다. 제작된 시편을 직경 3mm, 높이 20mm의 원기둥 형태가 되도록 아크릭 레진으로 포매하여 전단결합강도 측정용 지그에 고정될 수 있도록 하였다.

2. 전단결합강도 측정

Table 1. Firing schedules of the liner and veneering materials

Veneering Materials		Pre-Drying		TRI (°C/min)	FT (°C)	V1	V2	HT (min)
		ST(°C)	DT(min)					
Vintage-Zr	Dentin layer	500	4	45	920	500	920	1
E-Max	Liner	403	4	60	960	500	959	1

하중이 지르코니아 블록과 도재 사이의 접촉면과 평행한 방향으로 전달 되도록 전단결합강도 측정용 지그에 고정된 뒤, 만능시험기(Universal testing machine Mode 3343, Instron Calibration Lab, USA)로 crosshead speed 0.5mm/min의 조건에서 파절이 일어날 때까지 전단력을 가하여 최대 적용력(N)을 측정하고 다음의 식을 이용하여 전단결합강도(MPa)를 계산하였다. (Fig. 1)

Shear bond strength(MPa)  
=Maximum applied force(N)/bonded cross-sectional area(mm<sup>2</sup>)

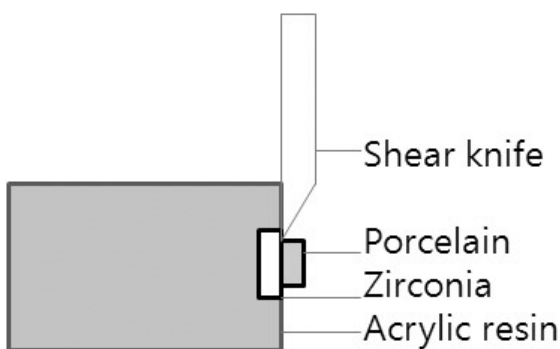


Fig. 1. Experimental setup and configuration of the specimen

3. 통계 분석

유의성 검증은 SPSS 통계 프로그램(SPSS 12.0 for Windows, SPSS Inc. Illinois, U.S.A)을 이용하여 일원 분산 분석(one-way ANOVA test)을 실시하였다.

III. 결 과

각 군에서 전단결합강도의 평균 및 표준편차를 (Fig. 2)에 표시하였다.

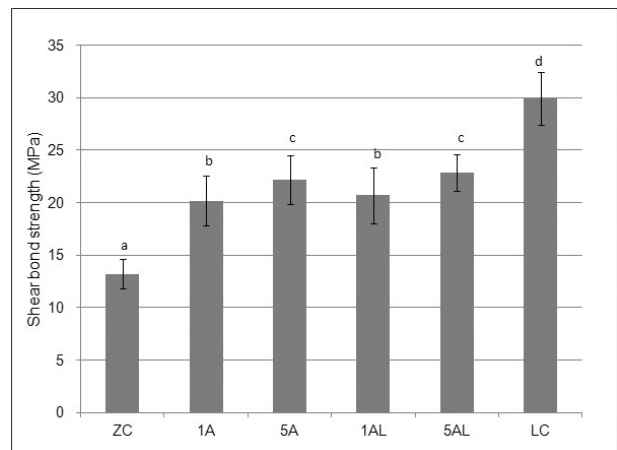


Fig. 2. Statistical result in shear bond strength. Different letters mean significant difference at p<0.05 level

가장 높은 전단결합강도는 LC로 29.92±2.55 MPa, 가장 낮은 값은 ZC인 13.22±1.37 MPa로 일원분산분석(one-way ANOVA test)을 시행한 결과, 군간 전단결합 강도는 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

대조군은 다른 군보다 유의하게 낮은 전단결합강도를 보였으며, LC군이 다른 군보다 유의하게 높은 전단결합강도를 보였다. 알루미나 입자의 크기에 따른 비교에서 50 $\mu$ m 처리군 (22.18±2.37, 라이너 처리 22.84±1.74 MPa) 이 110 $\mu$ m (20.18±2.38, 라이너 처리 20.71±2.67) 처리군

보다 높은 결과 값을 보였다. 또한 같은 입자의 알루미나 처리군에서는 라이너의 처리를 한 군과 하지 않은 군에서 유의한 차이는 없었다.

#### IV. 고 찰

단일구조 지르코니아 전부도재관(Full zirconia crown)은 비싼 Gold crown을 대체함과 동시에 파절에 대한 스트레스를 줄일 수 있고, 기공소에서는 기능성의 완벽함으로 새로운 부가가치를 창출할 수 있는 수단으로 활용할 수 있다. 환자에게는 보다 심미적으로 생체 친화적인 보철을 할 수 있고 Gold crown 대신 Zirconia crown을 제작할 수 있어 비용절감 효과가 크다는 것도 장점으로 꼽힌다. 단일구조 지르코니아 전부도재관은 지르코니아 보철을 full anatomical contour로 밀링한 후 도재 없이 C&B를 제작하는 것이다. 단일구조 지르코니아 전부도재관이 주목을 받고 있는 가장 큰 이유는 현재 지르코니아 보철이 안고 있는 가장 큰 문제인 porcelain chipping 문제를 해결할 수 있다는 점이다. Porcelain chipping 문제와 관련해 각 회사별로 물성이 약한 지르코니아용 도재를 고온용으로 제작 출시하고 있다. 그러나 그 결과 도재자체의 물성은 증가시켰지만 코어와의 결합력에 문제를 보이고 있는 실정이다. 2년 동안 15%의 실패를 보일만큼 지르코니아는 금속 소부 도재관보다 도재와의 결합력이 낮다. 새로운 재료와 기술의 발달로 최근 보고되고 있는 실패율은 2%로 줄었지만 여전히 임상에서는 문제가 발생되고 있다(Della Bona A, 2008). 본 연구에서 사용한 단일구조용 지르코니아의 특성상 투명도를 재현 할 수 없는 단점이 있어, 심미적인 문제가 야기 되고있다. 이를 위해 단일구조 지르코니아 보철물 제작 시 veering 방식으로 협면에 도재를 도포하는 방법이 사용되고 있으나 제조회사의 제품 사용 목적과 달라 그 결합력에 있어 일반적인 지르코니아 코어와 도재의 결합력을 높이기 위한 방법에 의존해 왔다.

지르코니아 코어와 도재 인접면의 내구성은 화학적 결합과, 기계적 맞물림 그리고 열팽창에 의해 영향을 받는다고 하였다(Fischer J등, 2008). 기계적인 맞물림을 위

해 지르코니아 코어 표면에 라이너를 도포하는 방식이 소개되었는데, Cercon Base/Ceram S core-veneer system은 라이너를 도포했을 때 결합력이 상승하였고, Cercon Express core-veneer system은 라이너를 도포하였을 때 결합력이 낮아졌다고 보고하였다. 따라서 제품에 따라 라이너의 효과가 달라짐을 알 수 있었다(Aboushelib등, 2008). 본 연구에서는 여러 다른 제조회사의 제품을 선택하였으며, 전단결합강도는 다른 여러 논문에서와 같이 라이너를 처리한 군에서 그 결과 값이 높은 것을 확인할 수 있었다. 알루미나와 라이너를 처리한 군보다 라이너만을 처리한 군에서 높은 전단결합강도를 보인 것은 알루미나 층이 라이너의 역할을 감소 시켰을 수도 있었을 거라 생각한다. 각각 다른 입자의 알루미나 한 군에서 라이너를 함께 처리한 군과 유의차가 없는 것도 또한 이를 뒷받침 해주는 결과라 생각한다. 기계적 결합력을 높이기 위한 또 다른 방법으로는 표면에 알루미나를 처리를 하는 것이다. 일반적으로 알루미나를 사용 할 때 표면에 작은 불꽃이 튀는 것을 관찰 할 수 있는데 이는 지르코니아의 상변이(정방 정계-단사 정계)에 원인이 될 수 있으며, 상변이는 알루미나 입자의 크기나 분사 시의 압력에 의해 영향을 받을 수 있다. 압력이 높을수록, 입자가 클수록 상변이가 많이 일어난다고 보고하고 있다. 입자가 커질수록 표면 거칠기는 상승하나 이는 결합력에는 영향을 미치지 않는다. 결론적으로 가장 이상적인 압력은 2.5bar, 알루미나 크기 50 $\mu$ m, 또는 압력 1.5bar, 입자크기 110 $\mu$ m라고 보고했다(Lubica Hallmann등, 2012). 본 연구에서는 제조회사의 추천 압력인 2 bar의 압력으로 50 $\mu$ m(22.18 $\pm$ 2.37, 라이너 처리 22.84 $\pm$ 1.74 MPa)와 110 $\mu$ m(20.18 $\pm$ 2.38, 라이너 처리 20.71 $\pm$ 2.67)로 표면 처리하였으며, 50 $\mu$ m 군에서 높은 결과 값을 보였다. 표면 거칠기가 낮아도 50 $\mu$ m로 처리한 경우 도재와의 결합 면적이 증가하여 전단결합 강도가 높아졌다고 판단된다. Fischer J(2008) 등의 실험에서 연마나 알루미나 처리를 한 군에서 전단 결합 강도가 낮아졌다고 보고하였으며 지르코니아와 도재의 결합을 높이기 위해서는 화학적인 처리가 필요하다고 설명하였다. 지르코니아 표면을 산으로 부식한 후 레진과의 결합력을 관찰한 결과 알루미나를 도포했을 때 보다 전단 결합 강도가 높아졌음을 알 수 있었

다(Casucci A, 2011). 최근 이러한 화학적인 결합력을 높이기 위한 연구가 많이 진행되고 있으나 산 처리 후 잔류 독성 물질을 세척하는 여러 문제점이 있어 더 많은 연구가 요구된다.

본 실험에서 육안으로 관찰시 모든 시편에서 앞선 연구에서 나타난 결과(Al-Dohan HM)와 유사하게 모든 실험군에서 계면 파절(adhesive failure)의 양상이 관찰되었으며, 복합 파절(mixed failure) 양상도 관찰되었다.

과학과 기술을 통해 지르코니아와 도재사이의 결합력을 향상시켰지만, 임상에서의 예측 가능한 실패 요인을 알아내기 위해 좀 더 추가적인 기계적, 화학적 결합에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

본 연구는 단일구조 지르코니아 표면에 도재 축성 시 지르코니아 표면의 처리에 따라 지르코니아와 도재 사이에서 결합강도의 차이가 있는지 알아보기 위해 일반적으로 사용되고 있는 재료를 사용하여 실험하였다. 대조군으로 전부 도재관 지르코니아(ZC), 지르코니아의 표면을 50 $\mu$ m 크기의 알루미나 입자 처리(5A), 110 $\mu$ m 크기의 알루미나 입자 처리(1A), 50 $\mu$ m + 라이너 도포(5AL), 110 $\mu$ m + 라이너 도포(1AL), 그리고 라이너를 도포(LC)한 후 도재를 축성하였을 때 지르코니아-도재간 전단결합강도를 측정하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 가장 높은 전단결합강도는 LC로 29.92 $\pm$ 2.55 MPa, 가장 낮은 값은 ZC인 13.22 $\pm$ 1.37 MPa로 군간 전단결합 강도는 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

2. 알루미나 입자의 크기에 따른 비교에서 50 $\mu$ m 처리군(22.18 $\pm$ 2.37, 라이너 처리 22.84 $\pm$ 1.74 MPa)이 110 $\mu$ m(20.18 $\pm$ 2.38, 라이너 처리 20.71 $\pm$ 2.67) 처리군보다 높은 결과 값을 보였다. 또한 같은 입자의 알루미나 처리군에서는 라이너의 처리를 한 군과 하지 않은 군에서 유의한 차이는 없었다.

## REFERENCES

- Sun-Nyo Kang, Wook Cho1, Young-Chan Jeon, Chang-Mo Jeong, Mi-Jung Yun1. A study on the shear bond strengths of veneering ceramics to the colored zirconia core. J Korean Acad Prosthodont 47(3), 312-19, 2009.
- Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Effect of zirconia type on its bond strength with different veneer ceramics. Journal of Prosthodontics, 1-8, 2008.
- Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations: Part II: zirconia veneering ceramics. Dent Mater 22, 857-63, 2006.
- Ahn JS, Lee JH. Influence of surface treatments on the shear bond strength between zirconia ceramic and zirconia veneering ceramics. The Journal of Korean academy of Dental Technology, 35(1), 19-26, 2013.
- Al-Dohan HM, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME, Lang BR. Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. J Prosthet Dent, 91(4), 349-55, 2004.
- Blatz MB. Long-term clinical success of all-ceramic posterior restorations. Quintessence Int, 33(6), 415-26, 2002.
- Casucci A, Monticelli F, Goracci C, Mazzitelli C, Cantoro A, Papacchini F, Ferrari M. Effect of surface pre-treatments on the zirconia ceramic-resin cement microtensile bond strength. Dent Mater, 27(10), 1024-30, 2011.
- Cho HJ. Effect of sandblasting, grinding and polishing on the shear bond strength of zirconia layered with porcelain. Department of Dentistry, The Graduate School, Yonsei University, 2008.

- Della Bona A, Kelly JR. The clinical success of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc*, 139, 8s-13s, 2008.
- Fischer J, Grohmann P, Stawarczyk B. Effect of zirconia surface treatments on the shear strength of zirconia/veneering ceramic composites. *Dent Mater J*, 27(3), 448-54, 2008.
- Jeoung HC. Fracture strength of zirconia monolithic crowns. *J Korea Acad Prosthodont*, 15, 339-46, 2006.
- Kim DH. Shear bond strength of a layered zirconia and porcelain with and without zirconia liner. Department of Dentistry, The Graduate School, Yonsei University, 2006.
- Komine F, Tomic M, Gerds T, Strub JR. Influence of different adhesive resin cements on the fracture strength of aluminum oxide ceramic posterior crowns. *J Prosthet Dent*, 92, 359-64, 2004.
- Lubica Hallmann, Peter Ulmer, Eric Reusser, Christoph H.F. Hämmerle. Effect of blasting pressure, abrasive particle size and grade on phase transformation and morphological change of dental zirconia surface. *Surface & Coatings Technology*, 206, 4293-4302, 2012.
- Wegner SM, Kern M. Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. *J Adhes Dent*, 2, 139-147, 2000.