

지르코니아의 표면 처리에 따른 전장용 세라믹과의 전단결합강도

안 재 석, 이 정 환
광주보건대학교 치기공과

Influence of surface treatments on the shear bond strength between zirconia ceramic and zirconia veneering ceramics

Jae-Seok Ahn, Jung-Hwan Lee

Dept. of Dental Lab. Technology, Gwang-Ju Health University, Korea

[Abstract]

Purpose: The aim of this research was to evaluate the shear bond strength of different zirconia veneering ceramics with and without liner glass materials to yttria partially-stabilized tetragonal zirconia polycrystalline(Y-TZP).

Methods: Five commercial zirconia veneering ceramics were used in this study, E-Max(EM), Creation ZI(CR), Cercon ceram kiss(CE), Triceram(TR) and Zirkozahn ICE(ZI). All samples were prepared according to manufacturer's instructions. Experimental industrially manufactured Y-TZP ceramic blocks(diameter: 2.7 mm; height: 13.5 mm) were used in this study. Shear bond strength between zirconia ceramic coping and zirconia veneering ceramics were evaluated by the push-shear bond test. The fracture load data were analyzed using ANOVA and Scheffe's test($\alpha=0.05$). The fractured surfaces of zirconia core ceramic and zirconia veneering ceramics were observed using a scanning electron microscope(SEM).

Results: The mean shear bond strengths ranged from 20 MPa (20.12 ± 6.34 MPa) to 66.6 MPa (66.62 ± 10.01 MPa). The Triceram(TRG) showed the highest value and Creation ZI(CR) showed the lowest value. In all groups, Zirconia liner and glass material groups was significantly higher shear bond strength than without liner($P<0.05$), with the exception of Cercon ceram kiss(CE)groups.

Conclusion: Zirconia bonding materials may have the advantage of improved bond strength between zirconia ceramic core and veneering ceramics.

○Key words : all-ceramic, zirconia, zirconia liner, glass infiltration, shear bond strength

*본 연구는 2011년도 광주보건대학교 연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

교신저자	성명	이 정 환	전화	010-9904-7831	E-mail	leejh@ghc.ac.kr	
	주소	광주광역시 광산구 북문대로 419번길 73					
접수일	2012. 10. 22		수정일	2013. 2. 19		확정일	2013. 3. 15

I. 서 론

1980년 후반부터 소개되기 시작한 알루미나와 지르코니아 세라믹을 이용하여 보철물을 제작하는 전부 세라믹 수복물은 금속을 하부구조물로 사용하는 금속소부도재관(Porcelain fused to metal crown, PFM)에 비해 심미성, 색조 안정성, 생체 적합성, 변연부의 적합성(Tinschert J 등, 2001; Hertlein G 등, 2001) 등이 우수하여 심미적인 치과용 수복재료로 폭 넓게 사용되고 있다. 그러나 많은 장점을 가지고 있었음에도 불구하고, 전부 세라믹 수복물의 임상적 사용은 낮은 파절저항으로 인해 제한적으로 적용되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 Sadoun 등(1988)에 의해 개발된 인세람(in-Ceram)은 슬립 캐스팅(slip casting) 방식으로 저 융점의 유리를 침투시켜 코어의 강도를 개선하였고, Andersson 등(1993)은 99% 알루미나를 사용하여 코어의 굴곡강도를 600 MPa까지 증가시켰다. 그렇지만 이러한 방법들은 코어의 제작과정이 복잡하고 불투명하며, 산 부식이 불가능한 단점으로 지적되었다. 근래에 들어서는 왁스 소환법(lost-wax technique)을 활용하여 루사이트(leucite) 분산 세라믹을 열가압하여 수복물을 제작하는 전부 세라믹 수복물 제작방법이 개발되었지만, 저작압을 많이 받는 구치부 교의치에서 파절 가능성은 여전히 남아 있다. 이를 해결하기 위한 대안으로 구치부에서도 적용이 가능한 지르코니아 전부 세라믹 수복물이 2000년대 초반부터 치과계에 소개되고 있다.

지르코니아는 산화 지르코늄(Zirconium Oxide, ZrO_2)의 총칭으로, 기계적 성질이 금속과 비슷하며 치아의 색상과 유사한 장점을 가지고 있다(Piconi와 Maccauro, 1999). 또한, 외부에서 가해지는 응력에 의해 정방정계 결정상이 단사정계 결정상으로 상변태(phase transformation)가 일어나고, 이 때 3-5%의 부피팽창을 수반하여 내부 압축응력이 형성되면 미세균열의 진행을 억제하여 기존의 세라믹에 비해 매우 높은 굴곡 및 파절 강도효과를 얻을 수 있는 상변태 강화(transformation toughening)의 특징이 있다. 이러한 지르코니아의 장점들을 이용하여 전부 세라믹 수복물 제작시 전부 세라믹 수복물의 하부 코어에 사용하기 시작하였고, 지르코니아 전부 세라믹 수복물은 대부분의 전부 세라믹 수복물과 마

찬가지로 지르코니아 하부 코어와 세라믹 상부구조로 이루어진 이중구조를 이루고 있다.

지르코니아 전장용 세라믹의 파절 원인에 대해서는 많은 연구가 진행되고 있다(Sundh와, Sjogren, 2004). Albakry 등 (2003)의 보고에 의하면 이중구조 전부 세라믹 수복물은 하부 코어가 강해도 전장용 세라믹의 낮은 인장력과 취성으로 파절이나 탈락의 가능성이 높다고 하였고, 지르코니아 코어와 전장용 세라믹의 파절 양상은 열팽창계수 차이에 의한 응력 집중과 세라믹의 낮은 젖음성과, 소성과정에서 발생하는 세라믹의 소성 후 수축, 그리고 열과 응력에 의한 코어와 전장용 세라믹간의 지르코니아 입자 상전이현상(transformation)등이 보고되고 있다(De Jager 등, 2005). 이러한 문제점을 해결하기 위한 노력으로 지르코니아 코어와 전장용 세라믹간의 결합력 증진을 위해 지르코니아 표면을 기계적, 화학적으로 개선하는 연구들이 보고되고 있다. Wenger 등(2000)은 110 μm 크기의 산화알루미늄으로 지르코니아 표면을 블라스팅 처리하여 결합강도가 증가했음을 보고하였고, Aboushelib 등(2006)은 지르코니아 코어와 전장용 세라믹간의 열팽창계수의 차이는 계면 결합실패(interfacial failure)를 유도하여 전장용 세라믹의 박리현상(delamination)을 일으킨다고 하였고, 결합강도에 가장 큰 영향을 미치고, 접착강도는 세라믹의 종류와 라이너도포가 영향을 준다고 보고하였다. 그동안 지르코니아 전장용 세라믹 축성은 지르코니아 하부 구조물 소결 후 특별한 표면처리 없이 시행해 왔지만, 최근 들어 세라믹과의 결합력과 색조를 향상시키기 위한 목적으로 각 제조사에서 세라믹 축성 전에 도포하는 지르코니아 이장재를 출시하였다. 지르코니아 코어와 전장용 세라믹간의 결합력을 향상시키기 위한 연구들이 보고되고 있으나, 지르코니아와 전장용 세라믹의 결합력 평가 방법에 대한 연구와 현재 시판되고 있는 지르코니아 전장용 세라믹 이장재의 사용 유·무에 따른 결합력 평가에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 지르코니아 표면에 샌드 블라스팅을 하고, 임상적으로 사용되고 있는 E-Max(EM), Creation ZI(CR), Cercon ceram kiss(CE), Triceram(TR) 그리고 Zirkozahn ICE(ZI) 5종류의 지르코니아 전장용 세라믹

을 사용하여, 물리적 표면 처리만을 한 샌드 블라스팅 군, 전용의 라이너를 도포한 군, 그리고 특별히 제조된 붕규산염 글라스를 도포한 군으로 나누어 시편을 제작한 다음 전단결합강도 실험과 파절면의 SEM관찰, 그리고 코어와 전장용 세라믹 간의 계면에서 발생하는 파절양상을 비교 분석하여 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 지르코니아 시편 제작

본 연구에서 사용한 지르코니아 시편은 이트리아 안정 지르코니아(Y-TZP, NSC, Gwangju, Korea)로 원기둥 형태 (직경: 3.6mm; 높이: 18mm)로 가공한 다음, 전기로 (ZBAA1901, Zirkozahn ICE GmbH, Italy)에 넣고 8.3°C/min의 승온속도로 1,450°C까지 올려 2시간 동안 유지하였다. 소결된 지르코니아 시편(직경: 2.7mm; 높이: 13.5mm)의 표면은 평균입경 50µm 알루미나 연마제(Hi-aluminas, Shofu, Japan)를 사용하여 10mm 떨어진 위치에서 압력 2.5 기압으로 15초 동안 분사처리와 1% HF에서 산부식 처리한 후 증류수 중에서 5분간 초음파 세척한 다음, 건조하여 사용하였다(N=98). 지르코니아 소결체의 표면층에 용융 침투하여 표면 강화 및 전장용 세라믹과의 결합력 개선을 위한 붕규산염계의 글라스 제조를 위해 11.0La₂O₃-16.0Al₂O₃-24.0B₂O₃-3.0Y₂O₃-29.7SiO₂-6.0CeO₂-2.0 TiO₂-5.4CaO-1.1MnO-1.8Li₂O wt% 조성의 특급시약을 계량하고 몇 가지 색조절제를 첨가한 다음 균일한 혼합을 위해 24시간 동안 ball mill 하였다. 준비한 혼합 분말을 용량 500cc 알루미나 도가니에 채우고 전기로(Ajeon Industrial Co, Ltd, Korea)에서 승온속도

10°C/min으로 1,450°C까지 온도를 올려 2시간 동안 유지하였으며, 분말이 완전히 용융된 것을 확인한 다음 급 냉하여 유발 분쇄에 의해 100mesh(150µm) 통과 분말로 제조하였다.

2. 붕규산염 글라스 용융침투 처리군

평균 입경 50µm 알루미나 분사 처리와 세척이 끝난 지르코니아 소결체에 글라스 분말/증류수 비율이 40/5가 되도록 혼합한 다음 지르코니아 표면에 균일하게 도포하고 승온속도 10°C/min으로 1,100°C까지 온도를 올려서 1시간 동안 유지하며 용융침투 처리를 하였다. 표면에 잔류하는 미반응 글라스의 제거를 위해 평균 입경 50µm 알루미나 분말을 10mm 떨어진 위치에서 압력 2기압으로 20초간 분사 후, 0.5% HF에서 5분간 산부식 처리하고 증류수 중에서 5분간 초음파 세척한 후 건조하였다(n=35).

3. 지르코니아 라이너 처리군

분사 처리와 세척이 끝난 지르코니아 소결체에 각 제조 회사에서 추천한 도포 방법과 소성 온도 조건에서 라이너를 도포하여 소성하였다. 소성 온도 조건은 <Table 1>과 같다(n=28).

4. 전단결합강도 시편 제작

제조회사가 추천하는 소성조건에 따라 표면 처리된 지르코니아 원기둥(blank)에 직경 6mm×높이 2mm 도우넛 형태로 소성하였고, 전단결합강도 측정을 위해 직경 20mm×높이 25mm 몰드에 수직으로 고정하고 Type 3 경석고(dental stone) (Snow rock, DK mungyo, Korea)으로 고정하였다(Fig. 1).

Table 1. Firing schedules of the Liner and veneering materials

Veneering Materials	Code	Pre-Drying		³ TRI (°C/min)	⁴ FT (°C)	⁵ V1	⁶ V2	⁷ HT (min)
		¹ ST(°C)	² DT(min)					
E-Max	EM							
Dentin layer		403	4	50	750	450	749	1
Liner	L	403	4	60	960	500	959	1

Veneering Materials	Code	Pre-Drying		³ TRI (°C/min)	⁴ FT (°C)	⁵ V1	⁶ V2	⁷ HT (min)
		¹ ST(°C)	² DT(min)					
Creation ZI	CR							
Dentin layer		450	6	45	810	500	810	1
Liner	L	450	2	55	900	500	900	1
Cercon ceram kiss	CE							
Dentin layer		450	8	55	830	500	830	1
Liner	L	575	8	55	970	600	970	1
Triceram	TR							
Dentin layer		500	8	55	760	500	760	1.5~2
Liner	L	500	4	65	800	500	800	1
Zirkonzahn	ZI							
Wash fire		400	2	55	920	500	920	2
Dentin layer		300	6	55	820	500	820	1
Glass	G	403	4	10	1100	500	1100	60

¹ST: starting temperature; ²DT:drying time; ³FT:final temperature; ⁴TRI:temperature rate increase; ⁵V1:vacuum on; ⁶V2:vacuum off; ⁷HT:holding time.

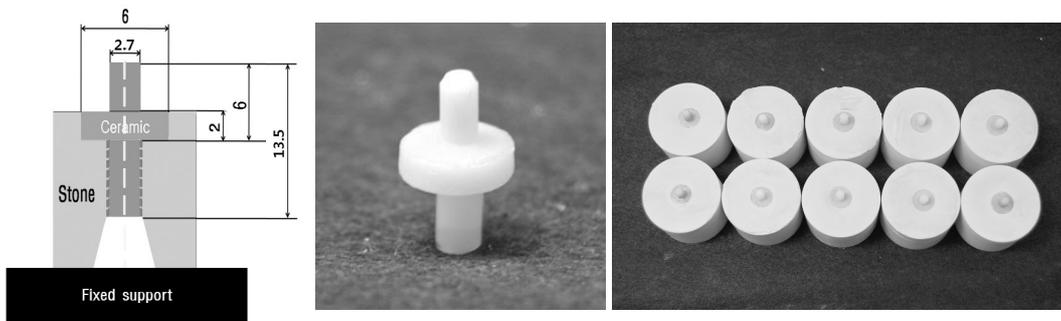


Fig. 1. Schematic illustration and Photograph of specimen used in this study

5. 전단 결합강도 측정

준비한 시편은 재료시험기(Model 4201, Instron Co, USA)에 지그를 장착하고 crosshead 속도 0.5mm/min로 파절 하중을 측정하였으며, 파면을 실제 현미경(Leica, EZ4D, Germany)과 주사전자현미경(JEOL, JSM-5800, Japan)을 이용, 관찰 분석하였다. 실험을 통하여 측정된 각 군의 전단결합강도는 이원배치 분산분석(two-way ANOVA)과 사후검정으로 Scheffé's test를 이용하여 각 군 간의 평균 차이를 검정하였으며 유의 수준은 $\alpha = 0.05$ 로 하였다.

III. 결 과

1. 표면 관찰

〈Fig. 2〉는 이트리아 안정화 지르코니아 표면을 주사전 자현미경으로 관찰한 것으로, 평균입경 50 μ m 알루미늄 분말을 2.5기압으로 분사처리 후의 표면에서 지르코니아 결정립의 탈락으로 요철구조가 관찰되었다. 전단 결합강도 측정 끝난 시편의 표면 관찰에서는 Creation ZI(CR)군에서 지르코니아 코어와 세라믹 사이에서 접착 파절 양상이 관찰되었고, Creation ZI liner(CRL)에서는 전장용 세라믹 내부와 결합계면에서 파절이 일어난 응집과 접착 파절

양상이 관찰되었다(Fig. 3). 지르코니아와 세라믹의 계면에서 파절 양상은 이장재를 포함하지 않은 Creation ZI(CR)군과 E-max(EM)군에서는 접착 파절이 관찰되었

고, Creation ZI liner(CRL)군에서는 혼합 파절 양상이 관찰되었지만, 나머지 실험군에서는 모두 응집 또는 혼합 파절 양상을 보였다.

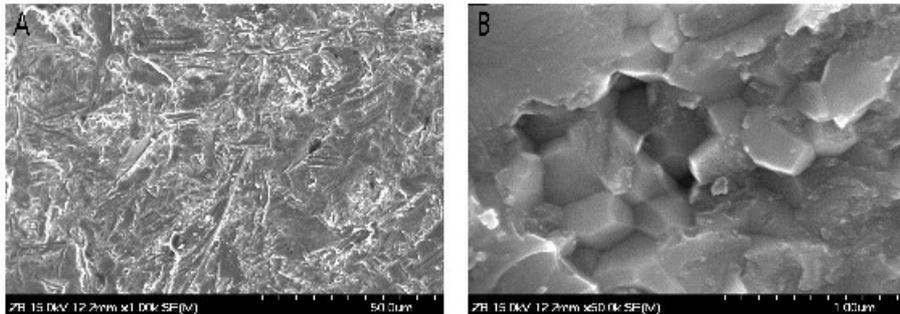


Fig. 2. (A) SEM image of Y-TZP ceramic after sandblasting with 50µm alumina, (B) high magnification SEM image of the arrow in (A)

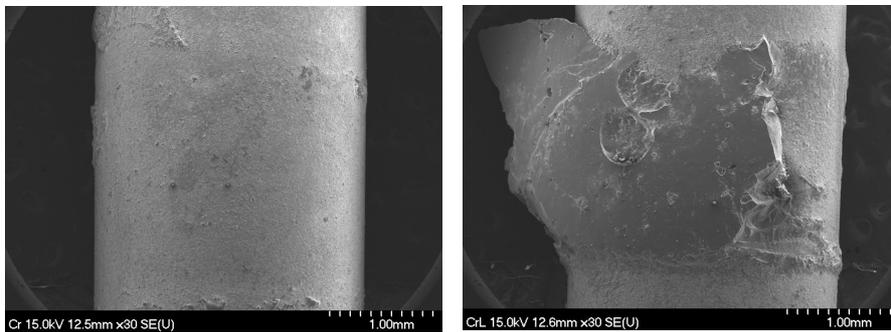


Fig. 3. (A) Low magnification SEM image showing a representative sample of adhesive failure; (B) low magnification SEM image of mixed failure

2. 전단 결합강도

각 군에서 전단결합강도와 평균 및 표준 편차를 파절 시작 강도와 최대 전단 강도를 구분하여 <Table 2>에 표시하였다. 가장 높은 전단결합강도는 Triceram(TR)로 66.6 ± 10.0 MPa를, 가장 낮은 값은 Creation ZI(CR)인 20.1 ± 6.3 MPa로 나타났다. 또한 파절시작 강도 후에 시간이 지남에 따라 파절되는 양상을 보이며, 최대 전단강도

는 파절 시작 강도보다 모두 높게 나타났다.

3. 통계분석

이원배치 분산분석(two-way ANOVA) 결과 각 군의 전단 결합강도는 Cercon ceram kiss(CE)를 제외하고 라이너와 봉규산업 글라스를 적용한 군에서 유의하게 높은 결합강도를 보였다($p < 0.05$).

Table 2. Statistical result in Push-shear bond strength

Group	Mean (S.D.) MPa		Adhesive (%)	Cohesive (%)	Mixed (%)
	Initial crack	Final fracture			
CR	15.07 (3.63) ^a	20.12 (6.34) ^a	100	0	0
CRL	50.32 (13.36) ^b	58.51 (9.98) ^b	0	0	100
CRG	37.28 (6.52) ^c	37.28 (6.52) ^c	29	0	71

Group	Mean (S.D.) MPa		Adhesive (%)	Cohesive (%)	Mixed (%)
	Initial crack	Final fracture			
CE	26.40 (9.74)	28.17 (11.22)	71	0	29
CEL	26.80 (5.93)	38.58 (5.00)	29	0	71
CEG	26.05 (4.65)	33.91 (4.08)	43	0	57
TR	45.91 (18.62)	66.62 (10.01) ^a	0	0	100
TRL	35.87 (5.82)	43.41 (7.15) ^a	29	0	71
TRG	54.18 (15.40)	64.25 (7.89) ^b	14	0	86
EM	30.90 (7.83) ^a	33.10 (7.03) ^a	100	0	00
EML	38.32 (2.68) ^a	43.45 (5.83) ^a	29	0	71
EMG	29.98 (3.08) ^a	31.10 (2.79) ^a	71	0	29
ZI	33.81 (11.78)	38.17 (8.53)	86	0	14
ZIG	36.45 (11.74)	48.68 (4.10)	43	0	57

*CR: Creation ZI, CE: Cercon ceram kiss, TR: Triceram, EM: E-Max, ZI: Zirkozahn ICE, L: Liner, G: Glass infiltration

IV. 고 찰

전부 세라믹 수복물의 임상적인 성공은 코어와 전장세라믹간의 결합강도에 많은 영향을 받는다. 전부세라믹 수복물의 실패에 영향을 주는 요소로는 코어와 전장용 세라믹의 열팽창 계수 차이와 젖음성, 부적절한 코어 디자인, 과도한 도재 축성 그리고 기공과정에서 발생하는 결합등 많은 요소가 있다(Aboushelib 등, 2006). 코어와 전장용 세라믹의 결합강도의 평가는 수복물의 내구성을 예측하는데 매우 유용하며, 결합강도를 측정하는 많은 방법들이 제시되고 있다. 그 중 이중 구조를 이루고 있는 금속-세라믹 시스템에서는 굽힘 시험이 널리 이용되고 있고, 25 MPa 정도의 결합강도가 임상적인 사용이 가능하다고 알려져 있다(ISO 9693). 그러나 시편 표면에 최대 인장응력이 발생하는 3점이나 4점 굽힘 시험은 시편 폭에 비해 길이가 길기 때문에 표준화된 시편의 제작이 용이하지 않고, 또한 시험중에 지지점에서 응력의 집중으로 파절이 일어날 수 있는 단점을 가지고 있다(Albakry 등, 2003; Guess 등, 2008). 이중 구조 수복물의 결합강도를 평가하는 다른 방법으로 전단 결합강도 측정 방법들이 있다(AI-Dohan 등, 2004; Derand 등, 2005; Denry와 Kelly, 2008). Shell 등(1962)은 금속봉 주위에 도재를 소성한 다음 pull-shear test에 의해 결합강도를 측정하였고,

Push-shear bond test는 Shell-Nielsen test를 Anthony 등(1970)이 수정한 방법으로 긴 원통형 모양의 코어에 도넛 형태로 세라믹을 소성하고, 석고에 묻어 일축으로 가해지는 하중에 대해 시편의 파절이 코어와 세라믹의 접촉면으로 전달되어 계면 파절(adhesive failure)을 유도한 방식이다. 본 실험에서는 금속의 Rod 대신 지르코니아 코어를 적용하여 지르코니아 코어와 지르코니아 전장용 세라믹간의 결합력 측정을 하였다.

〈Fig. 2〉는 50µm 알루미늄으로 브라스팅과 1% HF에서 산부식 처리한 지르코니아 표면 전자현미경 사진으로 시편의 표면에서 얇고 불규칙한 요철 구조가 관찰되었다. 불규칙한 표면 요철 구조는 표면에너지를 높이고 글라스와 라이너의 젖음성을 증가시켜 지르코니아-세라믹의 결합강도를 향상 시켰을 것이라고 생각된다(Derand와 Derand, 2000).

〈Fig. 3〉는 파절 하중을 측정한 후 그 파면을 주사전자현미경으로 관찰한 사진으로, Creation ZI 실험군과 E-Max 실험군의 경우 라이너 처리를 하지 않은 실험군에서는 100% 계면 파절 (adhesive failure)의 양상을 보였고, 라이너 처리군의 경우에는 복합 파절(mixed failure) 양상이 주를 이룬다. 시편의 파절 양상과 결합강도 값의 관계를 정확히 설명하기란 어렵지만 지르코니아 코어와 세라믹간의 결합력이 세라믹의 파절 강도보다 높은 경우,

세라믹 내에서 응집 파절(cohesive failure)이 시작되고, 세라믹의 파절 강도가 낮다면 계면 파절의 형태가 나타난다. 본 실험에서 지르코니아 전장용 세라믹의 파절 양상은 계면 파괴 형태와 응집 파절 형태가 혼재된 복합 파절 형태가 관찰되었다.

지르코니아 라이너는 기본적으로 지르코니아의 하얀색을 보상하기 위해 사용되었으나, 근래에 들어서는 지르코니아와 전장용 세라믹의 결합강도에 영향을 줄 수 있는 것으로 보고되고 있다. Aboushelib 등(2005)은 Cercon 지르코니아 코어와 세라믹 사이의 전용 라이너 사용이 거의 두배 가까운 결합강도를 보인다고 하였으며, 또 다른 연구에서도 라이너의 사용이 지르코니아-세라믹의 전반적인 결합강도를 향상시킨다고 보고하고 있다. 본 연구에서는 지르코니아 표면을 50 μ m 알루미나로 샌드브라스팅 처리와 1% HF에서 산부식 처리를 하여 표면에 요철 구조를 만들고 화학적 결합에 영향을 줄 수 있는, 특별히 제작된 붕규산염 글라스와 라이너를 처리하여 지르코니아와 세라믹의 전단 결합강도를 Push-shear bond test로 측정하였다.

지르코니아 코어와 세라믹의 결합강도 값은 실험 장비, 전장용 세라믹의 열 팽창계수의 차이 및 표면조건 등에 의해 3.4 MPa서 61.0 MPa로 다양하게 보고하고 있고, 임상적으로 받아들여지는 완전세라믹 수복물의 전단결합강도는 20-40 MPa 정도로 알려져 있다(Aboushelib 등, 2008; Sorensen 등, 1991; Derand 등, 2005). 본 연구 결과에서도 가장 높은 값인 Triceram(TR)의 66.62 \pm 10.01 MPa서 가장 낮은 값인 Creation ZI(CR)의 20.12 \pm 6.34 MPa로 다양하게 나타나, 제조회사에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다. 결합강도에 영향을 주는 인자는 하중속도, 응력분산유형, 두께 비율, 결합면의 길이와 넓이 및 파절 시작점의 위치와 균열확산 경로 등 다양하기 때문에 실험실에서 측정한 전단 결합강도의 절대치를 임상적 결과로 확대 해석하기에는 다소 무리가 있을 수 있으므로, 상대적인 비교 평가의 자료로 활용된다(Denry와 Kelly, 2008). 실험 결과를 보면 붕규산염 글라스와 라이너를 처리를 사용한 실험군에서 통계학적 분석(two-way ANOVA) 결과, Cercon ceram kiss(CE)를 제외하고(P>0.05) 유의하게 결합력이 증가하였고(P<0.05), 또한 전용의 라이너를

제공하지 않는 Zirkozahn ICE(ZI)에서도 글라스를 처리한 군에서 통계적으로 유의하게 높은 결합력을 나타내었다. Triceram(TR)의 실험군에서는 라이너를 도포한 군(TRL)이 가장 낮은 결합력을 갖는 것으로 나타났는데, Triceram 세라믹은 티타늄 전용의 것으로 지르코니아에 적용할 경우 라이너를 사용하여 세라믹과 지르코니아의 열팽창계수 차이를 줄이는 것 때문으로 생각된다.

지르코니아 전부 세라믹 수복물에서 지르코니아 코어와 전장용 세라믹의 결합력을 높이기 위해 사용된 전용의 라이너와 특별히 고안된 글라스 이장재의 사용은 전장용 세라믹과 지르코니아 코어 간의 결합력을 개선할 수 있는 수단으로 평가 되어 임상에서의 성공을 예측하는데 유용하게 이용될 수 있지만, 구강내에서의 환경이 고려되지 못했기 때문에 실험적인 비교연구와 임상연구가 계속 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 실험은 임상적으로 사용되고 있는 E-Max(EM), Creation ZI(CR), Cercon ceram kiss(CE), Triceram (TR) 그리고 Zirkozahn ICE(ZI) 5종류의 지르코니아 전장용 세라믹에 대하여 전용의 라이너와 글라스 등과 같은 이장재 사용 유·무에 따른 지르코니아 코어와 전장용 세라믹의 결합강도를 Push-shear bond test 방법으로 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지르코니아 코어와 전장용 세라믹의 파절 양상은 이장재를 포함하지 않은 Creation ZI(CR)군과 E-max (EM)군에서 계면 파절(adhesive failure)의 양상이 관찰되었다.
2. Creation ZI liner(CRL)군에서는 복합 파절(mixed failure) 양상만이 관찰되었고, 나머지 실험군에서는 모두 계면 파절과 복합 파절 양상이 관찰되었다.
3. 전단결합강도는 Triceram(TR)군이 가장 높은 값(66.62 \pm 10.01 MPa)을 보였고, Creation ZI(CR)군이 가장

낮은 값($20.12 \pm 6.34 \text{ MPa}$)을 보였다.

4. Push-shear bond test를 이용한 전단결합강도 평가에서는 이장재를 도포한 실험군에서 Cercon ceramic kiss(CE)군을 제외하고($P > 0.05$), 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$).

REFERENCES

- Aboushelib MN, de Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. *Dent mater*, 21, 984-991, 2005.
- 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, 857-863, 2006.
- 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, 349-355, 2004.
- Albakry M, Gluazzato M, Swain MV. Fracture toughness and hardness evaluation of three pressible all-ceramic dental materials. *J Dent*, 31, 181-188, 2003.
- Andersson M, Oden A. A new all-ceram crown: A dense-sintered high purity alumina coping with porcelain. *Acta Odontol Scand*, 51, 59-64, 1993.
- Anthony DH, Burnett AP, Smith DL, Brooks MS. Shear test for measuring bonding in cast gold alloy-porcelain composites. *J Dent Res*, 49, 27-33, 1970.
- De Jager N, Pallav P, Feilzer AJ. The influence of design parameters on the FEA-determined stress distribution in CAD/CAM produced all-ceramic dental crowns. *Dent Mater*, 21, 242-251, 2005.
- Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dental materials*, 24, 299-307, 2008.
- Derand P, Derand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prothodont*, 13, 131-135, 2000.
- Derand T, Molin M, Kvam K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. *Dent Mater*, 21, 1158-1162, 2005.
- Guess PC, Kuliš A, Witkowski S, Wolkewitz M, Zhang Y. Shear bond strengths between different zirconia cores and veneering ceramics and their susceptibility to thermocycling. *Dental materials*, 24, 1556-1567, 2008.
- Hertlein G, Hoscheler S, Frank S, Suttor D. Marginal fit of CAD/CAM manufactured all ceramic prosthesis. *J Dent Res*, 80, 42-44, 2001.
- ISO 9693. Metal-ceramic bond characterization (Schwickerath crack initiation test). Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 1999.
- Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *biomaterials*, 20, 1-5, 1999.
- Sadoun M. All ceramic bridges with the slip casting technique. Presented at the 7th International Symposium on ceramics, Paris, September, 1988.
- Shell JS, Neilsen JP. Study of the bond between gold alloys and porcelain. *J Dent Res*, 41, 1424-1437, 1962.

- Sorensen JA, Engelman MJ, Torres TJ, Avera SP. Shear bond strength of composite resin to porcelain. *Int J Prosthodont*, 4, 17-23, 1991.
- Sundh A, Sjogren G. A comparison of fracture strength of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia ceramic crowns with varying core thickness, shapes and veneer ceramics. *J Oral Rehabil*, 31, 682-682, 2004.
- Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Spiekermann H, Anusavice KJ. Marginal fit of alumina- and zirconia-based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. *Oper Dent*, 26, 367-374, 2001.
- Wegner SM, Kern M. Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. *J Adhes Dent*, 2, 139-147, 2000.