

전부도재교의치의 코어재료에 따른 파절강도 관찰

정인성, 김치영

부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과

Observation of Fracture Strengths According to the Core Materials for All Ceramic Bridge

In-Sung Chung, Chi-Young Kim

College of Health Science, Catholic University of Pusan

[Abstract]

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the fracture strength between the core and veneering ceramic according to 2 core materials, In-Ceram Alumina and In-Ceram Zirconia, fabricated by electro ceramic layering technique. 2 different fixed partial denture cores of three units were veneered by veneering ceramic(Ceranion, Noritake) (n=10).

Methods: The fracture strengths between the core and veneering ceramic were measured through the 3 point bending test. The interfaces between the core and veneering ceramic were observed with the X-ray dot mapping of EPMA.

Results: The result of fracture strength was observed that IZP group, In-Ceram Zirconia core, had higher fracture strength. IPA group, In-Ceram Alumina core, had fracture strength of 359.9(±86.2) N. IZP group, In-Ceram Zirconia core, had fracture strength of 823.2(±243.0) N. X-ray dot mapping observation showed that a major element in the core and veneering ceramic of IPA group was alumina and silica, respectively. No binder was observed in interfaces between the core and veneering ceramic, and no ion diffusion or transition was observed between the core and veneering ceramic. However, apparent ion diffusion or transition was observed between the core and veneering ceramic of IZP group.

Conclusion: Therefore, IZP group was evaluated to have the excellent mechanical property.

○Key words : All Ceramic, 3 Point Bending Strength, In-Ceram, Fracture Strength

교신저자	성명	김치영	전화	051-510-0599	E-mail	cykim@cup.ac.kr	
	주소	부산광역시 금정구 부곡동 부산가톨릭대학교 치기공학과					
접수일	2010. 12. 3		수정일	2010. 12. 13		확정일	2010. 12. 22

I. 서 론

치과보철의 심미성에 대한 환자의 요구가 증가하면서 구치부 보철 제작에도 전부도재관의 적용이 늘어나고 있다. 금속을 사용하지 않고 세라믹 소재만으로 제작되는 전부도재관은 도재용착주조관에서 발생하는 색조재현과 치은이 변색된다는 문제점이 없으며, 심미성과 생체적합성이 우수하다는 장점을 갖고 있다. 그리고 기계적 특성이 우수한 세라믹 코핑 재료의 개발로 전부도재관의 사용이 증가하고 있다(Seghi et al, 1991; Baltz, 2002; Komine et al, 2004).

구치부에 적용 가능한 전부도재관은 결정화 유리를 이용한 주조 전부도재관, 백류석 강화형 전부도재관, 알루미늄 전부도재관 그리고 지르코니아 전부도재관이 있다(Komine et al, 2004). 전부도재관은 하부구조인 코어를 제작한 다음 상부구조인 베니어 세라믹 부위를 제작하여 치관형태를 완성하는 이중구조 전부도재관이다. 전부도재관의 하부구조인 코어는 CAD/CAM법, 열가압성형법, electro ceramic layer법 등을 사용하여 제작하며, 상부구조인 베니어 세라믹은 도재축성법과 열가압성형법을 사용하여 제작한다.

전부도재관에 대한 연구들은 코어재료의 굴곡강도(Wagner and Chu, 1996), 코어의 파절강도(Thompson et al, 1994; Kelly et al, 1995; Oh and Anusavice, 2002) 등에 관하여 보고하고 있으며, 근래 사용이 증가하고 있는 지르코니아 전부도재관은 지르코니아 코어는 파절되지 않고 베니어 세라믹만 떨어져 나가는 파절양상이 보고되고 있다(Sundh and Sjogren, 2004). 지르코니아 코어와 베니어 세라믹간의 결합력이 낮고 파절되는 이유로 지르코니아 코어와 베니어 세라믹의 열팽창계수 차이에 의한 응력집중과 지르코니아 코어에 대한 베니어 세라믹의 낮은 젖음성, 베니어 세라믹의 소성에 따른 수축, 열이나 응력부하에 의한 지르코니아 코어와 베니어 세라믹 계면에서의 지르코니아 결정변태와 제작과정에 발생된 결함 등의 원인으로 보고되고 있다(De Jager et al, 2005). 이상의 선행연구들은 코어와 베니어 세라믹간의 결합강도에 관한 연구가 대부분이며, 구치부 전부도재교의치의 파절강도에 관한 연구는 미비하다. 저작압이 많이

가해지는 구치부의 전부도재교의치의 파절강도는 임상적인 보철물의 성공여부와 내구성에 매우 중요한 요인이다.

본 연구에서는 코어재료에 따른 구치부 전부도재교의치의 파절강도 변화를 알아보기 위해 전부도재관 제작에 사용되는 electro ceramic layer법으로 제작된 2종의 코어재료에 베니어 세라믹을 소성한 3-유닛의 전부도재교의치를 제작하여 굴곡강도시험에 의한 파절강도의 변화와 계면분석시험을 통한 코어와 베니어 세라믹 재료간의 결합관계를 관찰하였다.

II. 연구 방법

1. 실험 재료

시험에 사용된 코어의 재료는 electro ceramic layer법으로 제작하는 알루미늄(In-Ceram Alumina, Vita, Germany)와 지르코니아 함유 알루미늄(In-Ceram Zirconia, Vita, Germany)를 사용하여 시편을 제작하였으며, 베니어 재료는 전용도재(Ceranien, Noritake, Japan)를 사용하였다(Table 1).

2. 실험 방법

1) 계면관찰 시편

코어재료와 베니어 세라믹재료의 결합계면을 관찰하기 위하여 각각의 코어재료를 사용하여 정사각형(5mm×5mm)의 판을 만든 다음 베니어 세라믹재료를 결합시키고 단면을 절단하여 계면관찰용 시편을 제작하였다.

Table 1. Classification of experimental group

Group	core	veneer	N
IAP	In-Ceram Alumina	Ceranien	10
IAP	In-Ceram Zirconia		10

2) 지대치 금형 제작

구치부 3-유닛 고정성 교의치 제작을 위한 모형으로서 지대치 금형을 두개 제작하였다. 지대치 형상의 금형은 교의치 치형(Bridge type die G-003, Seiki Co., Japan)의 치수를 기준으로 설계하였고, 파절강도 시험시

변형되거나 파절되지 않는 충분한 강도를 갖도록 stainless steel을 정밀 가공하여 제작하였다. 그리고 금형의 변연부는 전체적으로 deep chamfer 형태로 형성해 주었다(Fig. 1).

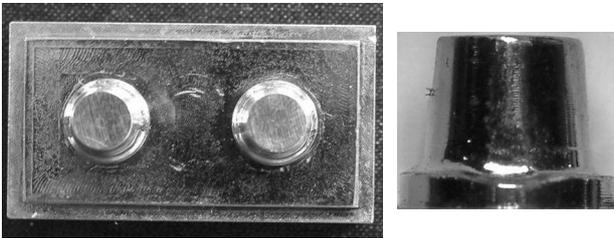
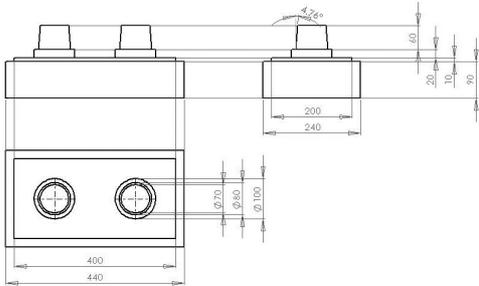


Fig. 1. Dimensions of metal die simulating posterior 3-unit bridge abutments. The dimensions were expressed in millimeter unit. Axial taper of the abutment was designed to be 4.76°.

3) 3-유닛 전부도재교의치 제작

전부도재교의치 제작을 위하여 electro ceramic layer 법의 wol-ceram system (Teamziereis, Germany)을 이용하였다. 준비된 모형에 space wax를 도포하고 전해액에 침액 후 변연을 정리하고 코어를 200℃에서 시작하여 1분당 70℃상승시켜 1,140℃에서 1시간 동안 소결하였다. 그리고 glass infiltration을 실시하고 1,120℃에서 소성하여 코어를 제작하였다. 준비된 코어에 전용도재를 축성하고 소성하여 두께 1.5mm의 시편을 제작하였다(Fig. 2).

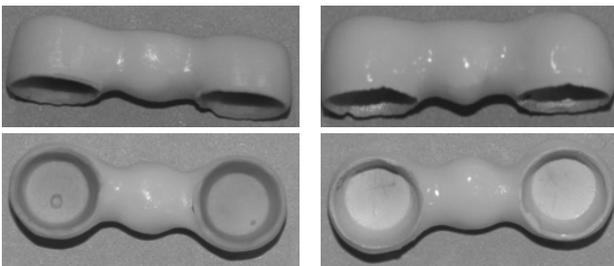


Fig. 2. Specimens of 3-unit bridge, a: In-Ceram Alumina, b: In-Ceram Zirconia.

4) 굴곡파절강도 시험

전부도재교의치의 코어 재료에 따른 파절강도 변화를 관찰하기 위하여 굴곡파절강도 시험을 실시하였다. 굴곡파절강도 시험을 통하여 시편으로 제작된 전부도재교의치의 파절강도를 관찰하였다. 굴곡강도시험은 만능시험기(UTM, instron)를 이용하였으며, 시험은 lower jig에 지대치 금형을 위치하고 upper jig에는 ball type rod를 고정하여 load를 가하였다. 그리고 상부에서 하부로 이동 속도 0.5mm/min로 압축하였다(Fig. 3).

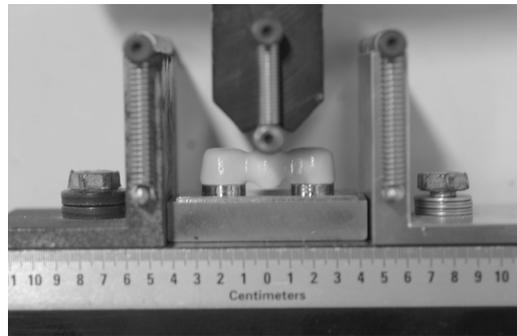


Fig. 3. 3 point bending test of specimens.

5) 계면 관찰

코어와 베니어 세라믹간의 결합된 계면을 관찰하기 위하여 전자현미경분석기(Electron Probe Micro Analyzer, SX 100) 이용하여 X-ray dot mapping analysis를 실시하였다. dot mapping analysis 결과를 이용하여 코어와 베니어 세라믹 소재 간의 계면을 정성적으로 관찰하였다.

6) 통계처리

굴곡강도시험에 의한 파절강도 결과 값의 차이에 대한 통계학적 차이를 관찰하기 위하여 SPSS(Ver. 14.0)를 이용하여 일원배치분석(One way ANOVA analysis)을 시행하였으며 사후검정을 위하여 다중비교분석(Tukey method)을 시행하였다. 각 군의 유의성은 95% 유의수준에서 검증하였다.

III. 연구 결과

2종의 코어재료에 베니어 세라믹을 소성한 3-유닛의

전부도재교의치를 제작하여 굴곡강도시험에 의한 파절강도의 변화와 계면분석시험을 통한 코어와 베니어재료간의 결합관계를 관찰하였다.

1. 굴곡파절강도

전부도재교의치의 코어재료에 따른 굴곡강도시험에 의한 파절강도 결과는 베니어재료가 파절되는 1차 파절과 코어재료가 파절되는 2차 파절로 측정되었다. In-Ceram Alumina 코어로 제작된 IAP시편의 1차 파절은 평균 9.5(± 5.4) N, 2차 파절은 평균 359.9(± 86.2) N에서 일

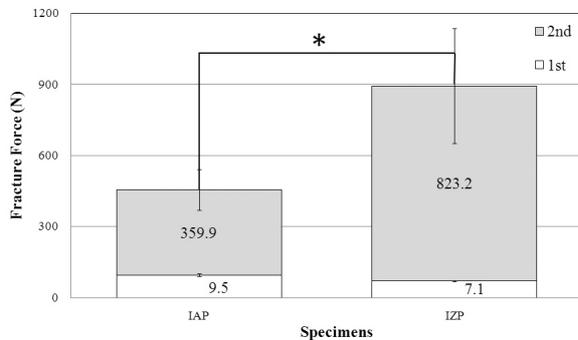


Fig. 4. Fracture force of specimens.

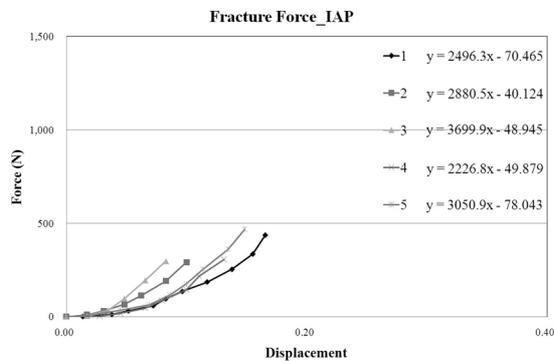


Fig. 5. Mechanical energy of IAP specimens.

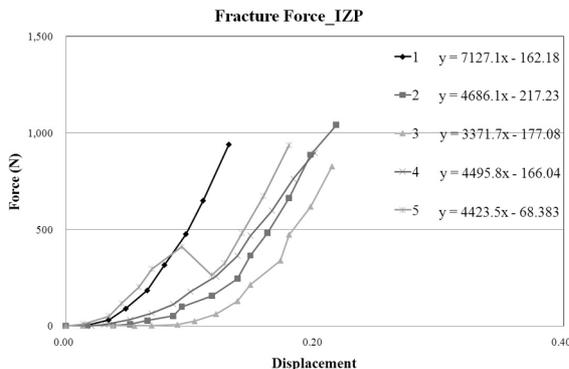


Fig. 6. Mechanical energy of IZP specimens.

어났으며, In-Ceram Zirconia 코어로 제작된 IZP시편의 1차 파절은 평균 7.1(± 2.4) N, 2차 파절은 평균 823.2(± 243.0) N에서 일어났다. 1차 파절강도의 수치는 베니어 소재의 파절에 의한 강도이나 굴곡강도시험의 특성상 전부도재관의 한 점에 하중이 집중된 집중하중 현상으로 낮은 파절강도를 가지게 되어 전부도재관의 파절강도는 2차 파절강도로 분석하였다. 각 시편의 2차 파절결과를 통계분석결과 IZP시편의 파절강도가 높으며, IAP시편과 유의차($p < 0.05$)를 보였다(Fig. 4).

각 시편의 평균 파절강도에서 IZP시편의 파절강도가 높은 것을 알 수 있었으며, 이는 파절강도 그래프의 추세선 기울기 값에서도 확인할 수 있다. 파절강도 그래프의 기울기 값은 시편의 파절강도에 대한 역학적 에너지 량으로 기울기가 높을수록 역학적 에너지 량이 높으며, 이는 시편의 기계적 강도가 높은 것으로 분석할 수 있다. IAP시편의 기울기는 평균 2870.2(± 564.4)이며, IZP시편의 기울기는 평균 4820.4(± 1387.7)으로 IZP시편의 역학적 에너지 량이 높은 것을 알 수 있다(Fig. 5)(Fig. 6).

2. 계면 관찰

전부도재교의치의 코어와 베니어 세라믹간의 결합된 계면을 전자현미경분석기(Electron Probe Micro Analyzer, SX 100)를 이용하여 X-ray dot mapping analysis를 실시한 결과 다음과 같다. IAP시편의 dot mapping결과 코어에서 Al원소가 주원소를 구성하고 있는 것을 관찰할 수 있었으며, 베니어에서는 Si원소가 주원소로 구성하고 있는 것을 관찰할 수 있었다. 코어와 베니어 간의 계면에서 결합층은 관찰되지 않았으며, 코어와 베니어 세라믹간의 이온의 확산이나 이동도 관찰되지 않았다. 그래서 코어와 베니어간의 경계가 확실한 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 7).

IZP시편의 dot mapping결과 코어에서 Al원소가 주원소로 Zr원소가 첨가되어있는 것을 관찰할 수 있었으며, 베니어에서는 Si원소가 주원소로 구성하고 있는 것을 관찰할 수 있었다. 코어와 베니어 간의 계면에서 결합층은 관찰되지 않았지만, 코어의 Al원소가 베니어 측으로 이온의 확산 또는 이동되어있는 것으로 관찰할 수 있었다. 그래서 Al원소를 기준으로 관찰하였을 때 코어와 베니어간의 경계가 확실하지 않은 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 8).

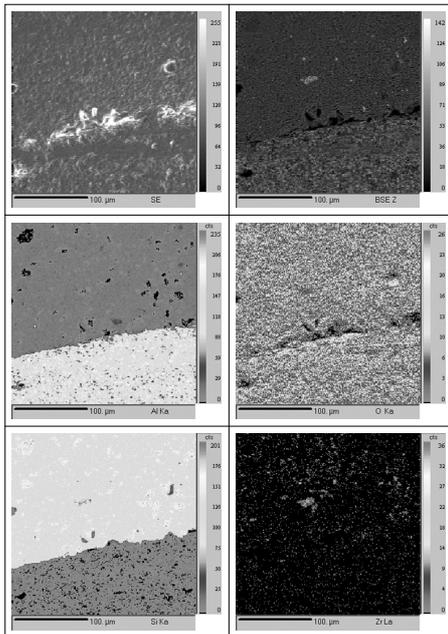


Fig. 7. Image of X-ray dot mapping analysis on IAP specimen.

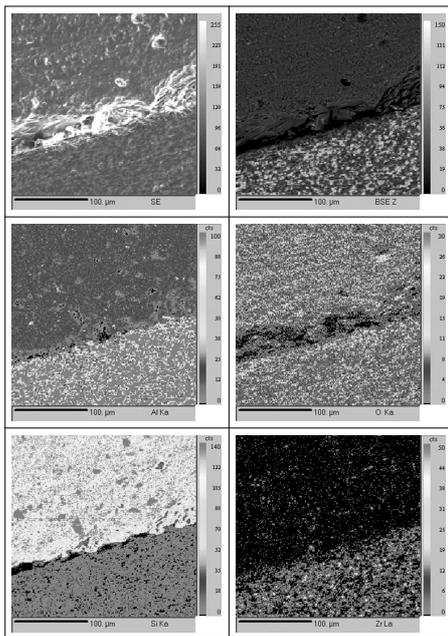


Fig. 8. Image of X-ray dot mapping analysis on IZP specimen.

IV. 고찰

전부도재관의 파절강도결과를 일반인의 구치부 치아에 가해지는 최대 교합력 300~565N(Heinrich et al., 1993; Giordano et al., 2000)과 비교하였을 때 IAP시편

의 파절강도(359.9 N)는 구치부 최대 교합력의 범위의 파절강도를 보이며, IZP시편의 파절강도(823.2 N)는 구치부 치아의 최대 교합력의 범위보다 높은 파절강도를 보였다. 그리고 Everest-도재교의치의 2차 파절강도는 약 491 N와 ZirKonzahn-도재교의치의 2차 파절강도는 약 602 N이 보고(강후원, 2007)와 비교하였을 때 IAP시편은 낮은 파절강도를 가지며, IZP시편은 높은 파절강도를 가지는 것으로 판단할 수 있었다. 그리고 전부도재교의치의 코어와 베니어 세라믹간의 결합된 계면을 관찰한 결과 IZP시편의 계면에서 이온의 확산 또는 이동이 관찰되었다. 이는 코어와 베니어 세라믹 간에 화학적 결합을 유도하는 요인으로 판단된다.

파절강도와 계면을 분석한 결과 파절강도에서 IZP시편이 높게 나타났으며, 계면분석결과 IZP시편에서 코어와 베니어 세라믹간의 이온 확산 또는 이동으로 인한 화학적 결합이 유도된 것으로 관찰되었다. 전부도재관의 파절강도에 영향을 미치는 요인으로 지대치 형성의 설계, 코어의 두께, 인공치관의 두께, 하중의 위치, 열순환, 반복 하중, 지지모형의 탄성계수, 코어와 베니어 세라믹 간의 결합관계 등(Friedlander et al, 1990; McCormick et al, 1993; Scherrer et al, 1993; Kem et al, 1994; Kim et al, 2004)이 있다고 보고되었다. 이러한 보고를 토대로 본 연구 결과를 분석하였을 때 IZP시편의 계면에서의 화학적 결합이 코어와 베니어 세라믹 간에 결합력을 향상시키며, 결합력으로 인하여 전부도재교의치의 파절강도를 높인 것으로 판단된다.

V. 결론

본 연구에서 In-Ceram Alumina 코어와 In-Ceram Zirconia 코어에 베니어 세라믹을 소성한 3-유닛의 전부도재교의치의 굴곡강도시험에 의한 파절강도와 계면분석 시험을 통한 결합관계를 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 관찰할 수 있었다.

1. 굴곡강도시험에 의한 파절강도에서 In-Ceram Zirconia 코어의 전부도재교의치의 파절강도가 823.2 N으

로 In-Ceram Alumina(359.9 N)에 비하여 높게 나타났다.

2. 계면관찰결과 In-Ceram Zirconia 코어와 베니어 세라믹 간의 이온의 확산 또는 이동이 관찰되었다.

참 고 문 헌

강후원. CAD/CAM 및 카피밀링을 이용하여 제작한 전부 도재 고정성 가공의치의 파절강도 및 변형 특성에 관한 연구. 전남대학교 대학원 치의학과, 치의학 박사학위 논문, 2007.

Blatz MB. Long Term Clinical Success of All Ceramic Posterior Restorations. *Quintessence Int*, 33(6), 415-426, 2002.

DeJager N, Pallav P, Feilzer AJ. The Influence of Design Parameters on the FEA-Determined Stress Distribution in CAD-CAM Produced All-Ceramic Denture Crowns. *Dent Mater*, 21, 242-251, 2005.

Friedlander LD, Munoz CA, Goodacre CJ. The Effect of Tooth Preparation Design on the Breaking Strength Dicor Crowns, Part I. *Int J Prosthodont*, 3, 159-168, 1990.

Giordano R. All-Ceramic Restorative Systems, Alumina Based Core Systems. *J Mass Dent Soc*, 51, 30-35, 2002.

Heinrich F, Kappert D, Knode H. In-Ceram : Testing a New Ceramic Material. *Quintessence Dent Technol*, 83-96, 1993.

Kem M, Fechtig T, Strub J. Influence of Water Storage and Thermal Cycling on the Fracture Strength of All-Ceramic, Resin-Bonded Fixed Partial Dentures. *J Prosthet Dent*, 71, 251-256, 1994.

Kelly JR, Tesk JA, Sorensen JA. Failure of All-Ceramic Fixed Partial Dentures in Vitro and in Vivo, Analysis and Modeling. *J Dent Res*, 74, 1253-1258, 1995.

Kim DY, Lee YS, Park WH. Comparative Study of Fracture Strength Depending on the Thickness of some All Ceramic Cores. *J Kor Acad Prosthodont*, 42, 49-56, 2004.

Kosmine F, Tomic M, Gerds T, Strub JR. Influence of Different Adhesive Resin Cement Son the Fracture Strength of Aluminum Oxide Ceramic Posterior Crown. *J Prosthet Dent*, 92, 359-364, 2004.

Mc Cormick JT, Rowland W, Shillingburg HT, Duncanson MG. Effect of Luting Media on the Compressive Strengths of Two Types of All-Ceramic Crown. *Quintessence Int*, 24, 405-408, 1993.

Oh WS, Anusavice KJ. Effect of Connector Design on the Fracture Resistance of All-Ceramic Fixed Partial Dentures. *J Prosthet Dent*, 87(5), 536-542, 2002.

Scherrer SS, Rijk WG. The Fracture Resistance of All-Ceramic Crowns on Supporting Structures with Different Elastic Moduli. *Int J Prosthodont*, 6, 462-467, 1993.

Seghi RR, Daher T. Relative Flexural Strength of Dental Restorative Ceramics. *Dental Materials*, 6, 181-184, 1990.

Sundh A, Sjogren G. A Comparison of Fracture Strength of Yttrim-Oxide-Partially-Stabilized Zirconia Ceramic Crowns with Varying Core Thickness, Shapes and Veneer Ceramics. *J Oral Rehabil*, 31, 682-688, 2004.

Thompson JY, Anusavice KJ, Naman A, Morris HF. Fracture Surface Characterization of Clinically Failed All-Ceramic Crowns. *J Dent Res*, 73, 1824-1832, 1994.

Wagner WC, Chu TM. Biaxial Flexural Strength and Indentation Fracture Toughness of Three New Dental Core Ceramics. *J Prosthet Dent*, 76, 140-144, 1996.