

투고일 : 2012. 12. 10

심사일 : 2012. 12. 18

게재확정일 : 2012. 12. 20

치과심미수복용 세라믹의 최신 특성평가

원광대학교 치과대학 치과생체재료학교실 및 생체재료·매식 연구소

오 승 한

ABSTRACT

Recent characteristics of dental esthetic restorative ceramics

Department of Dental Biomaterials and Institute of Biomaterial · Implant, College of Dentistry, Wonkwang university
Seunghan Oh, Ph.D.

Dental ceramics is well known to have excellent esthetics, biocompatibility as well as high compressive strength. However, the fragility of ceramics against tensile and shear loads leading to the delayed fracture of micro crack on ceramic surface and the backwardness of ceramic fabrication technique limit the usage of ceramic materials in dentistry. Among all ceramic materials, zirconia has been introduced to overcome the drawback of conventional dental ceramics in the field of dentistry due to the nature of zirconia featuring proper opalescence and high fracture toughness. Also, novel manufacturing techniques enable ceramic materials to prepare high esthetic anterior and posterior all ceramic system. In this paper, it is introduced and discussed that novel techniques characterizing the bond strength between zirconia core and veneering ceramics and analyzing the fluorescence of dental ceramics in order to overcome the gap between the results of basic research and the feasibility of the results in the field of dental clinics.

Key words : Dental ceramic, esthetic, zirconia, bond strength, all ceramic system, fluorescence.

I. 서론

1887년에 Land에 의해 처음 소개된 치과용 세라믹은 투명성, 생체친화성, 내마모성, 압축강도 등의 심미적 및 기계적 성질을 갖고 있으나, 미세결함에 의한 지연파괴와 인장-전단응력에 취약하다는 단점을 가지고 있다. 따라서 기존의 치과용 세라믹은 세라믹 특유의 기계적 취약성을 보완하고 심미성을 표현하기 위하여 금속-세라믹 수복물의 조합을 사용해왔다. 금

속-세라믹 수복물은 앞서 설명했듯이 세라믹의 우수한 심미성과 금속의 높은 파절에 대한 저항성의 특징을 결합시킨 것으로 국소의치 또는 고정성 보철물을 위한 방법으로 지금까지 사용되어 오고 있다¹⁾. 하지만, 금속-세라믹 수복물은 사용되는 금속의 구강 내에서의 용출 및 이에 따른 조직 변색 및 알레르기 등의 부작용, 금속과 세라믹 간의 열팽창계수 차이에 따른 결합실패, 그리고 금속 특유의 불투과성 등의 근본적인 문제점 등으로 인하여²⁻³⁾, 금속을 대체할 수 있는

재료에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다.

최근의 심미성에 대한 요구가 높아지면서 금속-세라믹 수복물을 대신하는 전부도재관의 사용이 확대되고 있다. 초기에 개발되었던 전부도재관의 경우, 기술적 한계로 인하여 우수한 심미성에도 불구하고 낮은 정밀도와 기계적 물성으로 인하여 실제 사용에 있어서 많은 제약이 따랐다. 그러나 최근 기술개발과 함께 다른 분야의 선진 성형기술을 치과재료 제작에 적용함으로써 전부도재관이 치과 보철물 제작에 차지하는 비중이 상당히 높아지고 있는 추세이다.

치과심미수복용 세라믹은 심미성을 결정하는 광학적 성질과 세라믹 자체의 강도 및 다른 재료와의 결합 강도를 결정하는 기계적 성질에 대한 평가가 다른 성질에 비하여 가장 중요시되는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 현재 사용되고 있는 다양한 치과심미수복용 세라믹의 기계적 및 심미적 특성평가에 관한 최신 연구동향을 확인하고 실제 임상에서의 적용 가능성에 대해서 평가하고자 한다.

II. 치과심미수복용 세라믹의 분류

전부도재관을 제작하는데 사용되는 방법에 따라 분류하면 다음과 같다.

- (1) 알루미늄 코어에 비정질의 비니어를 형성시킨 소결형(Sintered) 전부도재관.
- (2) 왁스소환법으로 비결정질의 세라믹 크라운을 제작한 후 열처리 과정을 거쳐 결정상으로 제작되는 주조형(Castable) 전부도재관(예 : DICOR 등).
- (3) 열가압기(Heat press)를 이용하여 용융된 세라믹 주괴(Ingot)를 왁스소환법에 의해 형성된 매몰재 주형에 injection하는 열가압형(Heat-pressed) 전부도재관(예 : IPS Empress, IPS Empress 2, OPC, OPC 3G 등).

- (4) Glass infiltration 기법(용융된 유리가 도재 표면에 존재하는 기공 속으로 침투되어 들어가 기계적 물성과 심미성을 증진시키는 방법)을 이용한 슬립캐스팅(Slip-cast)형 전부도재관(예: In-Ceram Spinell, In-Ceram Alumina, In-Ceram Zirconia 등).
- (5) 정밀가공기계(Milling machine)를 이용하여 세라믹 블록을 원하는 형태로 가공하는 정밀가공형 (Machinable) 전부도재관(예 : CAD/CAM, Celay system 등).

기존의 전부도재관에 주로 사용되던 세라믹 소재였던 비정질 유리와 알루미늄에 비하여 최근에 소개된 지르코니아는 재료 자체의 반투명한 특성과 우수한 기계적 특성으로 인하여 비정질 유리의 장점인 심미성과 알루미늄의 장점인 우수한 기계적 물성을 골고루 갖추고 있는 훌륭한 치과심미수복용 세라믹의 재료라고 볼 수 있다⁴⁾. 특히, 이트리아(Y_2O_3)가 첨가된 부분안정화 지르코니아는 표면의 미세결함에 의한 미세크랙의 전파의 진행을 방해함으로써 기존의 세라믹 재료가 가지고 있던 취성과 미세결함에 의한 지연파괴를 차단할 수 있고, 이에 정밀가공이 요구되는 치과 보철물 제작에 좀 더 현실적으로 다가갈 수 있는 재료이다⁵⁾.

III. 지르코니아 코어와 상부도재의 결합 강도 평가

지르코니아 재질의 전부도재관은 구조에 따라 지르코니아 단일 구조로 이루어진 단일 구조 전부도재관과 하부의 지르코니아 코어와 상부 도재로 이루어진 이중 구조 전부도재관이 있다. 대부분의 지르코니아 전부도재관 제작에는 이중 구조 법이 사용되고 있으며 이 방법은 단일 구조에 비하여 심미성이 우수하나, 상부도재를 축성을 해야 하므로 부가적인 소성공정이 필요하다는 단점이 있다⁶⁾.

임상가를 위한 특집 1

따라서 이중 구조 전부도재관의 기계적 성질은 지르코니아 코어와 상부도재 간의 결합력에 따라 평가된다고 볼 수 있다. 기존에 사용되던 이중 재료간의 결합강도는 주로 전단 및 인장결합강도를 이용하여 평가하였으나, 기초연구에 의한 결과와 임상에서의 실제 파절양상이 상이한 관계로 새로운 결합강도 측정법이 많이 소개되어 왔다. 특히, 실제 치아 형태의 전부도재관 시험 시편을 제작하여 기계적 성질을 평가하는 많은 연구들이 발표되었으나, 구강 내에서의 저작압 형태의 복잡성과 실험의 재현성이 어렵기 때문에 보편적으로 사용하기에는 추가적인 연구들이 더 필요한 상태이다. 따라서 보편적이고 재현성이 있고 임상에서의 실제 파절양상을 예측할 수 있는 기계적 특성 평가법이 개발되고 있다. 현재 전부도재관의 기계적 물성평가 국제규격은 개발 중에 있으며, 기존의 금속-세라믹 수복물의 기계적 물성을 평가하는 국제규격인 ISO 9693-1:2012⁷⁾에 기반을 두고 있다. 현재 개발 중인 국제규격에는 기존 금속-도재 수복물의 결합력을 평가하던 Schwickerath crack initiation test를 지르코니아-도재 수복물의 결합강도 측정에 적용시

켰다⁷⁾. 또한, 좀 더 임상적인 면에서 세라믹의 기계적 물성을 평가하기 위하여 상아질 기반을 이용한 biaxial loading test도 추가하였다⁸⁾. Schwickerath crack initiation test 및 상아질 기반을 이용한 biaxial loading test에 대한 설명은 그림 1에 나와 있다.

일반적으로 지르코니아는 그 자체의 미세인장강도는 340MPa로 높는데 반해, 상부 도재와의 결합강도는 평균 29MPa로 다른 도재 코어 재료에서의 결합강도에 비해 낮고, 코어재료와 상부 도재의 열팽창계수 또한 차이가 많이 나기 때문에 상부 도재의 깨짐 또는 갈라짐이 다른 완전도재관이나 도재소부전장관보다 빈번하다^{9, 10)}. 이러한 단점을 보완하기 위하여 지르코니아 코어와 상부 도재 사이에 라이너를 도포하거나 또는 기계적, 열적 및 화학적 처리로 지르코니아 표면 거칠기를 조절하여 상부도재와의 결합력을 증진시키는 많은 연구들이 수행되었다¹¹⁻¹⁵⁾. 본 연구진도 위와 같은 문제점을 해결하고 지르코니아 코어와 상부 도재의 결합력을 증진시키기 위하여 기계적, 열적 및 화학적 처리 등의 여러 가지 방법 중에서 지르코니아 표면

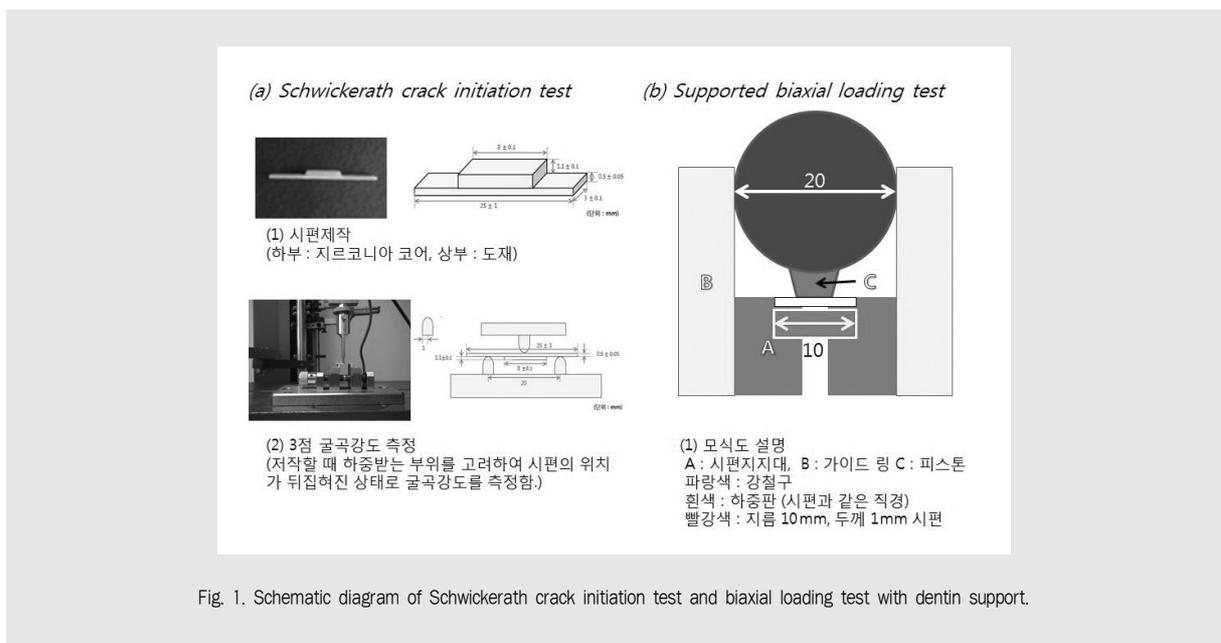


Fig. 1. Schematic diagram of Schwickerath crack initiation test and biaxial loading test with dentin support.

에 다양한 화학적 처리를 하여 지르코니아의 표면에너지와 지르코니아-도재 수복물의 결합강도에 미치는 영향에 대해서 평가하였다⁶⁾. 그림 2에서 보는 바와 같이 지르코니아를 HF와 NaOH용액 속에 다양한 시간 동안 담지한 후, 상부 도재를 올려 시험시편을 제작하였다. Schwickerath crack initiation test를 이용하여 시험시편의 결합강도를 측정하였다. HF 처리 시간이 길어짐에 따라 지르코니아의 표면에너지를 증가하여 상부도재와 좋은 결합력을 나타낼 것으로 예측되었으나, 오히려 3점 굴곡강도 결과가 낮아짐을 확인하였고, 주사전자 현미경 표면관찰사진에서 알 수 있듯이 HF에 의한 화학적 처리가 지르코니아의 표면을 빠르게 부식시켜 지르코니아 자체의 강도를 낮추기 때문임을 알 수 있었다⁶⁾.

IV. 치과심미수복용 세라믹의 형광능 특성평가

서론에 설명하였듯이 세라믹 수복물의 가장 큰 장점은 투명도, 명도, 그리고 채도를 인접한 자연치아와

조화시킬 수 있는 우수한 심미성이 있다는 것이다. 하지만, 심미성은 절대적인 값이 아니라 상대적인 개념이므로 이를 과학적으로 분석 및 평가하는데 상당한 어려움이 따른다. 일반적으로 치아로 오는 입사광선의 에너지는 산란(scattering), 반사(reflection), 흡수(absorbance), 투과(transmittance) 에너지로 변환되거나 흡수광선 중의 일부가 형광현상(fluorescence)을 나타낸다. 최근 분광측색계(Colorimetric spectrophotometer)를 이용하여 치과용 심미수복재료의 심미성을 평가하는 방법에 대한 연구들이 수행되어 왔고, 특히, 심미성의 기본 특성인 유백광(Opalescence) 및 형광(Fluorescence)을 수치화하여 각각의 심미 수복재료들이 어느 정도 자연치와 근접한 심미성을 가지고 있는가에 대한 정성 분석 연구가 소개되고 있다^{17, 18)}.

하지만, 위에서 설명된 연구들은 치과심미수복용 레진에 대해서만 수행되었을 뿐, 세라믹에 대해서는 미비한 실정이다. 본 연구진은 분광측색계를 이용하여 치과심미수복용 세라믹의 유백광 및 형광을 측정하였고, 유백광 평가는 가능하지만, 형광능 평가는 불가능하다는 것을 확인하였다. 이에 형광촬영이 가능한 디

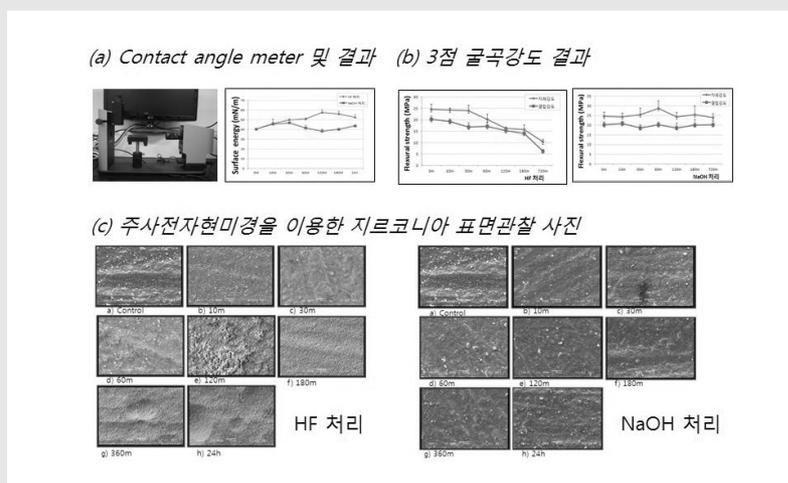


Fig. 2. (a) The image of contact angle meter and the results of surface free energy based on the calculation of contact angle of water droplets on experimental specimens, (b) The results of 3 point flexural strength test based on HF and NaOH treatments, and (c) SEM observation of the surface of zirconia treated by HF and NaOH with various immersion periods.

임상가를 위한 특집 1

디지털 영상기기를 이용하여 치과심미수복용 세라믹의 형광능을 평가하였고, 그림 3에 모든 실험 과정 및 결과를 나타내었다. 그림 3에서 보는 바와 같이, 시중에 판매되는 치과심미수복용 세라믹이 다양한 형광능을 나타내는 것을 확인하였고, 몇몇 제품은 아주 높은 형광능을 나타내어 형광능이 적은 세라믹과 혼합하여 전 부도재관을 제작한다면 한 개의 인공치 내에서도 다양한 형광능을 표현할 것으로 사료된다. 하지만, 본 연구에 사용된 형광 촬영용 디지털 영상기기는 치과용 재료의 형광을 촬영하기 위한 전용 장비가 아니고 과학적으로 인증된 형광표준물질이 없다는 점 등의 제한점이 존재하므로, 치과심미수복용 세라믹의 형광능을 좀 더 객관적이고 재현성있게 평가하기 위해서는 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

V. 결론

치과심미수복용 세라믹을 평가하는 방법은 다양하나, 기초 연구결과를 임상에서 적용하여 판단하기에는 아직까지 많은 변수들이 존재한다. 하지만, 최근의 연구결과에서도 확인할 수 있듯이, 치과심미수복용 세라믹의 기계적 물성 평가 및 심미성의 평가 기술이 더욱 다양해지고 세분화되고 있으며, 이러한 경향은 결국 어떻게 하면 좀 더 임상수술에 적합한 조건에서 치과용 세라믹을 평가할 것인가라는 근본적인 목적을 기반으로 수행되고 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 계속해서 새로이 소개되는 다양한 물성평가 방법에 대한 지속적인 연구개발만이 기초 연구결과와 임상에서의 실제 적용 간의 차이점을 좁히는 근본적인 해결책이라고 판단된다.



Fig. 3. Whole procedure of the fluorescence characteristics of dental restorative ceramics by using fluorescence digital imaging device.

참 고 문 헌

1. Scurria MS, Bader JD, Shugars DA. Meta-analysis of fixed partial denture survival. *J Prosthet Dent* 1998; 79:459-64.
2. Yamamoto M. *Metal ceramics*. Chicago: Quintessence 1987; 219-291.
3. Piddock V, Qualtrough AUE. Dental ceramics-an update. *J Dent* 1990; 18:227-235.
4. Garverick L. Corrosion in the petrochemical Industry. 3rd ed. ASM International 1994; 191-196.
5. Denry I, Kelly JR. Stabilized of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater* 2008; 24:299-307.
6. Jeong HC. Fracture strength of zirconia monolithic crowns. *J Korean Acad Prosthodont* 2006; 44:157-64.
7. ISO 9693-1, Dentistry-Compatibility testing - Part 1: Metal-ceramic systems, International Standard Organization 2012.
8. Kelly JR, Rungruanganunt P, Hunter B, Vailati F. Development of a clinically validated bulk failure test for ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2010; 104(4):228-38.
9. Aboushelib MN, De Jaget N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all ceramic restorations. *Dent Mater* 2005; 21:984-991.
10. Marchack BW, Futatsuki Y, Marchack CB, White SN. Customization of milled zirconia coping for all-ceramic crowns: A clinical report. *J prosthet Dent* 2008;99:169-173.
11. Amaral R, Özcan M, Bottino MA, Valandro LF. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect of surface conditioning. *Dent Mater* 2006; 22:283-290.
12. Blixt M, Adamczak E, Linden LA, Oden A, Arvidson K. Bonding to densely sintered alumina surface: effect of sandblasting and silica coating on shear bond strength of luting cements. *Int J Prosthodont* 2000; 13:221-226.
13. Braga Rr, Ballester RY, Daronch M. Influence of time and adhesive system on the extrusion shear strength between feldspathic porcelain and bovine dentin. *Dent Mater* 2000; 16:302-10.
14. Valandro LF, Özcan M, Bottino MC, Bottino MA, Scotti R, Bona AD. Bond strength of a resin cement to high-alumina and zirconia-reinforced ceramics: The effect of surface conditioning. *J Adhes Dent* 2006; 8:175-181.
15. Atsu SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, Aka PS. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosthet Dent* 2006; 95:430-736.
16. 정수하, 배지명, 오승환, 화학처리가 지르코니아와 비니어 세라믹의 결합강도에 미치는 영향, 대한치과기재학회지 2012, in press.
17. 한국산업표준, SPS-KIOHS-1860, 치의학-치과용 수복재의 형광 및 유백광 시험 방법 2010.
18. Lee YK, Powers JM. Influence of opalescence and fluorescence properties on the light transmittance of resin composite as a function of wavelength. *American Journal of Dentistry* 2006; 19:283-288.