한국치위생과학회
THE KOREAN SOCIETY OF DENTAL HYGIENE SCIENCE

J Dent Hyg Sci Vol. 15, No. 1, 2015, pp.54-59
http://dx.doi.org/10.17135/jdhs.2015.15.1.54
RESEARCH ARTICLE

지대치 형태에 따른 지르코니아 코어의 변연 적합도

김기백 · 김석환[1] · 김재홍 †
고려대학교 보건과학대학 보건과학연구소, [1]김천대학교 의료경영학과

Marginal Adaptation of Zirconium Dioxide Core according to the Abutment Teeth

Ki-Baek Kim, Seok-Hwan Kim[1] and Jae-Hong Kim †
Institute for Health Science, College of Health Science, Korea University, Seoul 136-713,
[1]Department of Medical Management, Gimcheon University, Gimcheon 740-704, Korea

The present study investigated the influences of various abutment teeth shapes (maxillary right canine, pre-molar, molar) on the marginal adaptation of computer aided design/computer aided manufacturing-fabricated zirconia core. In vitro adaptation of zirconia cores manufactured by three different abutments were evaluated. Thirty zirconia cores were made per each models and the adaptation was evaluated through a silicone replica technique. The measurement of the adaptation was carried out using digital microscope. The mean and standard deviation of each reference point were analyzed using the one-way (ANOVA) and Tukey's honestly significant difference tests (α=0.05). The overall marginal fits of the zirconia cores were as follows: canine: 47.59 μm, pre-molar: 43.74 μm, molar: 40.36 μm. They were no statistically significant differences between groups for adaptation ($p>0.05$). This confirmed that the type of abutment teeth used does not determine the precision of fit of zirconia core.

Key Words: Abutment teeth, Computer aided design/computer aided manufacturing, Dental marginal adaptation, Zirconium dioxide core

서 론

1980년대 초 치과영역에 처음 소개된 computer aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM) system은 컴퓨터로 제어되는 입력, 설계 및 기공과정을 통해 보철물의 제작시간과 비용을 절감하기 위해 개발되었다[1]. 따라서 일반 도재 수복물의 제작과정에서 발생하는 변형문제가 해결되어 정확하고 물성이 균일하며, 설계단계에서 합착재를 위한 공간이나 수복물의 두께 및 외형을 정확히 조절할 수 있고, 최신의 고강도 치과용 도재로 여러 가지 보철물의 제작이 가능한 장점이 있다. 대표적인 고강도 도재로는 치과용 지르코니아가 있는데, 산화 지르코니움(zirconium oxide, ZrO_2)의 총칭으로 화학적 안정성, 체적 안정성을 보이는 다형 구조로 정방정계의 상(tetragonal)에서 단사정의 상(monoclinic)으로 상전이시 발생하는 변태 강화 기전에 의한 체적확장에 의해 균열의 진행을 억제하여 기존의 도재에 비해 매우 높은 굴곡강도 및 파괴인성을 지닌다[2]. 금속과 유사한 강도를 갖기 때문에 통상의 수복물 제작방법으로는 제작이 어렵고, 가공하기 위해서는 CAD/CAM system을 사용하여 기계적으로 절삭 가공해야 한다[3]. 또한, 시스템을 갖추는데 많은 경비가 필요하고, 정밀한 가공기기와 숙련된 조작능력이 요구되는 단점이 보고되기도 한다[4].

이런 지르코니아 보철물의 경우 특히 변연 적합도가 주조방식에는 많이 미치지 못하는 단점이 지적되어 왔다. 그러나 기술의 괄목할 만한 발달과 더불어 치과 영역에서도 기계절삭 가공의 오랜 숙원이었던 변연 적합도가 주조방식에

Received: January 8, 2015, **Revised:** January 23, 2015, **Accepted:** January 28, 2015
ISSN 1598-4478 (Print) / ISSN 2233-7679 (Online)

†**Correspondence to:** Jae-Hong Kim
Institute for Health Science, College of Health Science, Korea University, 145, Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul 136-713, Korea
Tel: +82-2-3290-5620, Fax: +82-2-940-2879, E-mail: noreason07@korea.ac.kr

Copyright © 2015 by the Korean Society of Dental Hygiene Science
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

근접하거나 더 우수하다는 보고가 발표되고 있다[5,6]. 변연 적합도는 고정성 보철물의 임상적 성공에 중요한 역할을 한다. 일반적으로 변연 적합도에 영향을 주는 요소로는 치아 형성, 인상체 또는 주 모형의 정확도, 수복재료의 종류와 제작방법, 변연의 형태와 위치, 합착제의 종류, 축면의 경사도 등이 있으며[7], CAD/CAM system의 경우에는 지대치의 3차원 형상 입력과 수축 보상을 위한 컴퓨터 프로그래밍 과정 및 가공 정확도 등에 의해서도 변연 적합도가 달라질 수 있다[8]. 보철물에서 변연 적합도는 아주 중요하고 그것을 줄이기 위해 많은 노력을 해왔다. 좋지 못한 변연 적합도는 이차 우식증이나 치수염 등을 야기할 수 있기 때문이다.

일반적인 임상에서 받아들여지는 보철물의 변연 간격은 100～120 μm 정도이다[9]. 실제 임상 연구에서는 다수의 지르코니아 보철물이 적합한 변연을 가지고 있는 것이 나타났으며[10], 이러한 적절한 변연 적합도는 보철물의 높은 성공률과 연관되어 있다. May 등[6]은 Procera system (Nobel Biocare, Göteborg, Sweden)의 변연 적합도를 평가하여 70 μm 이하의 변연간격 값을 보고하였고, Hertlein 등[5]은 Lava system (3M ESPE, Seefeld, Germany)에서 60 μm 이하의 변연 간격 값을 보고하였다. Abduo 등[11]은 지르코니아 보철물의 적합도에 영향을 미치는 요소로 지르코니아 제작 시스템, 상부도재 축성과정(veneering), 지대치의 형태 및 변연 디자인, 지르코니아 교의치의 길이(span) 등이 있다고 하였지만, 이들의 변연 및 내면 적합도에 대한 비교연구는 부족한 실정이다. 특히 다른 종류의 지대치에 따른 연구는 거의 없다. 이에 본 연구를 통해 임상 치과기공 분야에서 가장 널리 사용되고 있는 Lava system으로 지르코니아 코어를 지대치 종류별로 제작하고 변연 적합도를 측정하여, 이를 통해 임상적 유효성을 평가하고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구 대상

1) 금속 주 모형 제작

본 연구를 위해 레진 표준 치아 모형(AG-3; Frasaco GmbH, Tettnang, Germany) 중 상악 우측 견치, 제1소구치, 제1대구치를 대상으로 하였다. 지대치의 형상은 Lava system에서 권장사항에 의거하여 지르코니아 core의 두께나 변연모양을 기반으로 디자인되었다. 해당 치아의 치축면은 1.2 mm, 교합면과 절단면은 1.5 mm offset을 부여하는 동시에 축벽의 각도는 6°를 부여하였으며, 변연의 디자인은 chamfer type으로 설정하였다. 저장된 디지털 지대치 모형의 파일을 공업용 가공장비(Arum DEG 5X; Doowon, Daejeon, Korea)를 이용하여 티타늄 절삭 공정으로 주 모형을 제작하였다.

2) 석고 작업모형 제작

작업 모형을 제작하기 위해 금속 주 모형을 실리콘(Deguform; DeguDent GmbH, Hanau, Germany)을 이용하여 30개의 실리콘 몰드를 제작하였다. 제작된 30개의 복제 몰드에 wetting agent (Picosilk; Renfert, Hilzingen, Germany)를 도포한 후, 각각의 제작된 30개의 복제 몰드에 치과기공 임상에서 빈번히 활용되는 치과용 초경석고(GC Fujirock EP; GC Europe N.V., Leuven, Belgium)를 이용하여 작업모형 10개씩 총 30개를 제작하였다(Fig. 1).

3) 지르코니아 코어 제작

지르코니아 코어 제작을 위한 첫 번째 단계로 디지털 모형으로 변환하였다. 디지털 모형은 30개의 작업 모형을 치과용 레이저 스캐너(Lava Scanner; 3M ESPE)를 이용하여

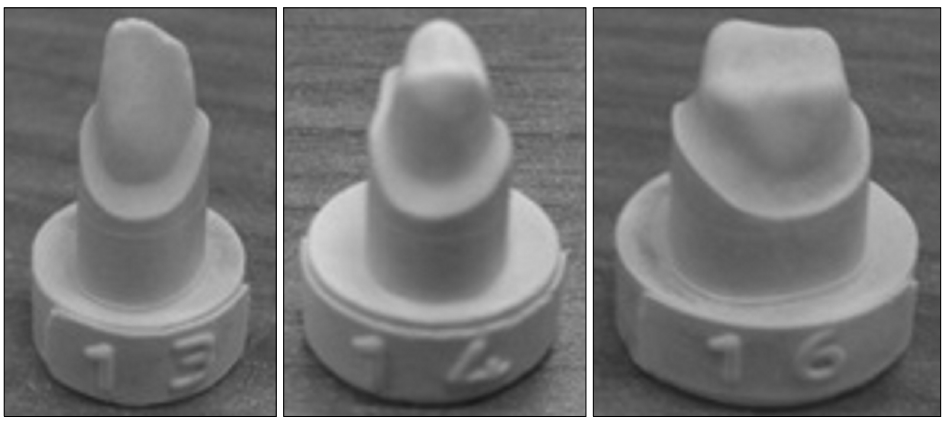

Fig. 1. Stone working models.

스캐닝을 실시하였다. 두 번째 단계로서 변환된 디지털 모형에 해당 캐드 프로그램을 이용하여 지르코니아 보철물로 디자인 하였다. 디자인이 완료된 파일을 가공장비(Lava Milling Unit, 3M ESPE)로 전송하여 반 소결 상태의 블록(Lava Zirconia Frame, 3M ESPE)을 가공하였다. 절삭이 완료된 반소결 상태의 지르코니아 보철물을 전용 퍼니스(Lava Therm Furnace, 3M ESPE)에 최종 소결하여 지르코니아 코어 30개를 완성한 후 각각의 해당하는 작업 모형 지대치에 시적하였다. 내면의 시멘트 공간은 통상적인 방법으로 20 μm로 부여토록 하였고, 숙련된 1인의 치과기공사에 의한 내면 조정을 시행토록 하였다.

2. 연구 방법

1) 변연 적합도의 정의

변연 적합도를 측정하기 위하여 측정단면을 순-설, 근-원심 단면으로 구분하였다. 3 종류의 지대치 별로 4지점의 변연 간격을 측정하였으며, 각 그룹별 시편 10개를 총 120회에 걸쳐 변연 간격을 측정하였다. 변연 간격은 Holmes 등[12]이 발표한 연구에서의 기준에 따라 측정하였으며, 모든 측정부위는 지대치 모형으로부터 시편까지 수직적인 거리로 변연 간격을 정의하여 측정하였다(Fig. 2).

2) 실리콘 복제본 제작 및 측정

변연 적합도는 silicone replica technique을 이용하여 측정하였다. 실리콘 복제 기술은 치과 보철물 내면과 치아와의 공간을 실리콘을 이용하여 복제한 후 실리콘의 두께를 측정하는 방법으로 높은 신뢰도와 정확도는 선행 연구를 통해 이미 검증되었다[13,14]. 제작이 완료된 지르코니아 core의 내면에 light body silicone을 채운 후, 곧바로 작업모형에 위치시키고 지압(finger pressure)을 가하여 적합시켰다. 일률적인 지압이 유지되기 위하여 전자저울 상에서 50 N의 압력이 되도록 가압하였다. 경화된 light body silicone (Aquasil Ultra XLV; Dentsply Caulk, Milford, MA, USA)을 core로부터 조심스럽게 분리시켰다. 이 light body silicone film은 core와 작업모형의 간격을 나타내주는 역할을 한다. 작업모형에 밀착된 light body silicone film은 두께가 매우 얇아서 찢어짐에 대한 저항이 작고, 형태를 유지하기 힘들기 때문에 그 위에 강도가 있는 heavy body silicone (Aquasil Ultra Monophase; Dentsply Caulk)을 추가적으로 덮음으로써 안정화시켰다. 복제가 완료된 silicone은 razor blade를 사용하여 4부위로 분할하였고(Fig. 3), 측정의 신뢰성을 높이기 위하여 동일한 1명의 측정자가 측정지점의 정의에 따라 지정된 4부위를 5회에 걸쳐서 측정한 후 평균값을 산출하였다. 실리콘의 두께를 160배율의 digital microscope (KH-7700; Hirox, Tokyo, Japan)로 관찰하였다(Fig. 4).

3) 통계분석

본 연구의 통계처리에는 IBM SPSS Statistics ver. 20.0 for Windows 프로그램(IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 통계 분석을 실시하였다. 전자 현미경을 통해 총 30개의 시편에서 측정된 각 그룹의 변연 적합도의 평균과 표준편차를 계산하였으며, 각 지대치에 따른 차이를 알아보기 위하여 one-way ANOVA를 시행하였고 사후 검정을 위해 Tukey's multiple comparison test를 실시하였다. 통계적

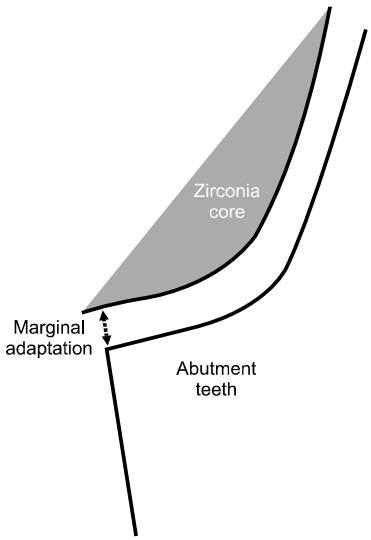

Fig. 2. The definition of marginal adaptation.

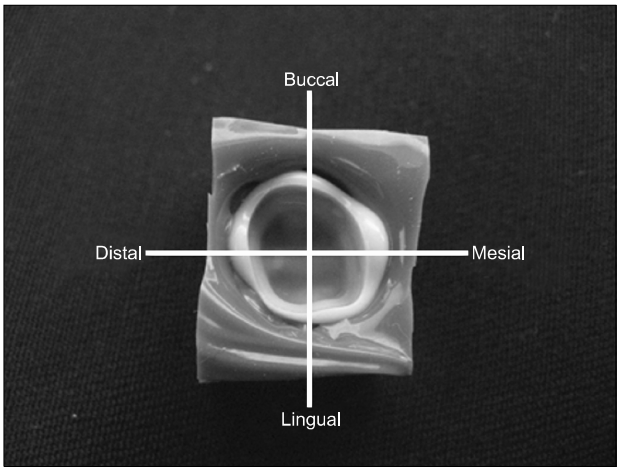

Fig. 3. Segmentation of a silicone replica in the mesiodistal and buccolingual directions.

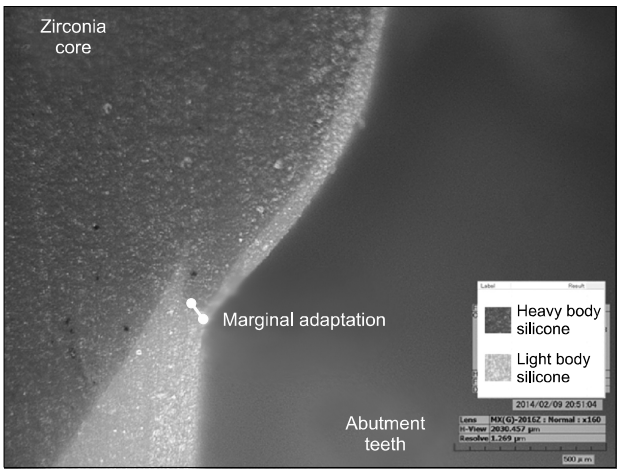

Fig. 4. Measurement of marginal adaptation by digital microscope at ×160 magnification.

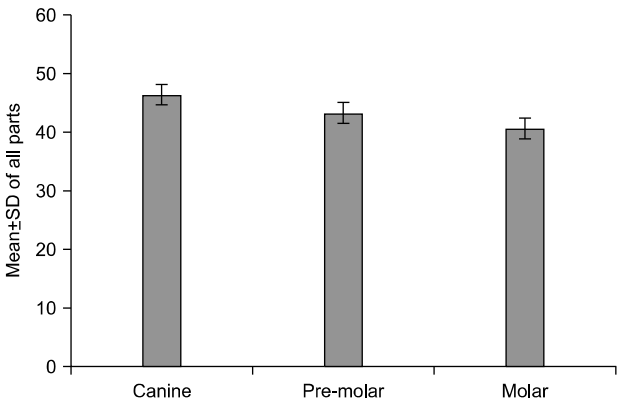

Fig. 5. Total mean±standard deviation (SD) of all parts (buccal, lingual, mesial, distal) of the zirconia core ($p > 0.05$).

Table 1. Silicone Film Thickness (μm) Measured Marginal Measurement Points according to Abutment Teeth Shape

Parts	Group			p-value
	Canine	Pre-molar	Molar	
Buccal	52.17±13.94	48.61±12.09	42.45±11.10	0.378
Lingual	46.90±11.71	40.64±10.93	35.55±17.77	0.738
Mesial	44.46±16.21	41.33±12.24	36.72±18.57	0.694
Distal	42.11±18.74	50.46±14.46	47.86±12.21	0.252

Values are presented as mean±standard deviation.

유의성 여부를 파악하기 위해 제1종 오류수준은 0.05로 하였다.

결 과

각기 다른 지대치로 제작된 지르코니아 코어와 작업모형과의 변연 적합도를 측정하였다. 측정된 결과 buccal 부위에서 distal 부위까지의 평균±표준편차는 Table 1과 같다. 모든 부위에서 molar 실험군(상악 우측 제1대구치)에서 제작된 지르코니아 코어의 변연 적합도가 가장 우수하였다. 세 그룹에서 각각 측정된 4부위의 평균을 one-way ANOVA를 실시하여 분석한 결과에서는 모든 부위에서 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 전체적인 변연 적합도 비교를 위하여 시편의 모든 부위를 측정한 결과를 비교하였다. 지대치에 따른 지르코니아 코어의 변연 적합도는 그룹별로 큰 차이가 없었다($p > 0.05$; Fig. 5).

고 찰

치과 영역에서는 최근 심미성에 대한 요구증가로 인해 강한 부하를 받는 부위까지 세라믹으로 수복하려는 경향이 증가하고 있어 지르코니아 도재의 응용범위가 점차 확대되고 있다. 특히, 치과영역에서의 CAD/CAM을 이용한 보철물 제작 시 정밀도와 편리성이 개선되어 이를 이용한 지르코니아 보철물이 점차 증가하는 추세이다[15]. 때문에 본 연구에서는 3가지 서로 다른 지대치 모형으로 작업모형을 만들고, CAD/CAM을 이용하여 지르코니아 코어를 제작 한 뒤 보철물의 변연 적합도를 기준으로 평가하여 보았으며, 나아가서는 임상적 허용 가능성을 가늠해 보았다. 특히 본 연구는 현재 임상에서 활발히 사용되는 전부도재관 중 하나인 Lava system 지르코니아 코어의 제작과정에서 각각 다른 지대치가 보철물 변연 적합도에 영향을 미치는지 분석하였다는 점에서 의의가 있다.

본 실험의 변연 적합도를 비교한 결과 다른 종류의 지대치로 인한 유의한 차이는 보이지 않았다($p > 0.05$). 또한 전체적인 변연 적합도 비교를 위하여 측정된 모든 결과를 평균값으로 비교했을 때, canine 그룹은 47.59 μm, pre-molar 그룹은 43.74 μm, molar 그룹은 40.36 μm로 나타났고, 각 그룹별 결과 값에는 유의한 차이가 없었다. 지르코니아 코어 제작 할 때 CAD 과정에서 여러 요소들의 설정 값이 존재

하며, 일차적으로 삭제된 지대치의 3차원 자료 입력 시에 지대치의 표면 질감과 빛이 반사되는 표면각도 등의 광학적 요소로 인해 스캔 산란현상이 발생할 수도 있다. 레이저 스캐너의 경우에는 오류가 reflective coating 시에 발생할 수 있고, 입력과정과 컴퓨터 프로그램에서 오류를 수정하는 과정에서도 발생할 수 있다[16]. 하지만 본 실험결과로 짐작하기에는 CAD 과정 시 활용되는 지대치의 형태는 큰 영향을 미치는 요소라 단정할 수 없겠다.

이러한 실험 방법으로 측정된 결과치가 임상적으로 허용 가능한 범위에 속하는지에 대한 판단이 필요한데, 임상적으로 허용 가능한 변연 간극의 범위에 대한 여러 연구가 보고되고 있다. American Dental Association (ADA)[17]에서는 ADA specification #8을 통해서 이 범위를 25～40 μm라 규정하고 있으나, 실제로 이런 적합도를 얻는 것은 쉽지 않다. Sorensen 등[18]은 변연 오차로 인해 발생하는 골소실 등을 억제하기 위해서는 변연 간극이 50 μm 이하여야 한다고 하였고, McLean과 von Fraunhofer[19]는 80 μm 이하의 변연 간극은 방사선적으로 식별하기 어렵고 직경 80 μm 탐침으로 200 μm의 간극도 식별할 수 없다고 하였다. 5년 이상 구강 내에 있었던 1,000개의 수복물을 조사하여 100 μm 정도의 변연 불일치는 임상적으로 거의 문제를 일으키지 않고, 임상적으로 허용할 수 있는 최대 변연 간극은 160 μm라고 하였다. 따라서 변연에서의 적합도는 최소 50 μm, 100～200 μm 정도의 변연 간극을 보이는 경우 임상적으로 허용할 수 있다고 여겨진다. 본 연구에서 측정된 지르코니아 코어의 변연 간극은 모든 군에서 임상적으로 허용 가능한 범위 내에 있었다.

본 연구 결과 CAD/CAM system으로 제작한 zirconia core는 임상적으로 허용할 만한 수준의 변연 적합도를 보이는 것으로 나타났다. 하지만 시편의 개수가 적고 체외(in vitro)에서 규격화된 모형을 가지고 측정한 결과인 점, 그리고 각 연구마다 적합도를 측정하는 부위에 대한 용어와 정의가 다르고 실험 조건이 다르기 때문에 적합도를 수치만으로 비교하는 것은 본 실험 결과의 일반화에는 일정 정도의 한계를 내포한다. 형성된 실리콘 필름의 경계가 모호하여 측정에 어려움을 주는 경우가 있었기에 실험방법상에서도 개선이 더 필요할 것으로 생각된다. 내구성을 가진 심미적 수복물 제작을 위해서는 복잡한 형태의 core 설계나 가공정밀도와 아울러 enamel porcelain의 적합성 및 소성에 대한 더욱 깊은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 시중에 널리 사용되는 치과용 지르코니아 코어를 이용하여 서로 다른 형태의 지대치를 대상으로 작업모형을 제작한 후, 치과용 스캐너를 통해 3차원 디지털 모형을 전환한 데이터를 토대로 지르코니아 코어를 제작하였으며, 각 실험군별 변연 적합도를 측정하여 비교분석하고자 하였다. 이와 같은 결과로 형태가 다른 지대치가 CAD/CAM system으로 치과 보철물 제작 시 적합도의 영향여부를 비교하였다. 제한된 조건 하에서 수행된 본 연구에서 다름과 같은 결과를 보였다.

지대치의 형태가 다른 작업모형으로 제작된 지르코니아 코어의 변연 적합도는 큰 차이가 없었다($p > 0.05$). 작업모형의 부위를 4등분으로 나누어 측정한 변연 적합도 또한 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 결론적으로 3종류의 다른 지대치 모두 유사한 지르코니아 코어의 변연 적합도를 보였으며, 측정된 결과는 선행연구에 비추어 볼 때 임상적으로 허용 가능한 수치(100～120 μm)를 초과하는 실험군은 없었다. 이와 같은 결과를 토대로 다른 형태의 지대치를 사용하여 제작되었더라도 지르코니아 코어의 변연 적합도에 큰 영향을 주지 않을 것으로 생각된다.

References

1. Shin ES, Lee YS, Park WH: Comparative study in fracture strength of zirconia cores fabricated with three different CAD/CAM systems. J Korean Acad Prosthodont 46: 22-30, 2008.
2. Piconi C, Maccauro G: Review zirconia as a ceramic biomaterial. Biomaterials 20: 1-25, 1990.
3. Jeon MH, Jeon YC, Jeong CM, Lim JS, Jeong HC: A study of precise fit of the CAM zirconia all-ceramic framework. J Korean Acad Prosthodont 43: 611-621, 2005.
4. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Spickmann H, Anusavice KJ: Marginal fit of alumina- and zirconia- based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. Open Dent 26: 367-374, 2001.
5. Hertlein G, Hoscheler S, Frank S, Suttor D: Marginal fit of AD/CAM manufactured all ceramic prosthesis. J Dent Res 80: 42-44, 2001.
6. May KB, Russell MM, Razzoog ME, Lang BR: Precision of fit: the Procera AllCeram crown. J Prosthet Dent 80: 394-404, 1998.

7. Fischer H, Weber M, Marx R: Lifetime prediction of all ceramic bridges by computational methods. J Dent Res 82: 238-242, 2003.
8. Kupiec KA, Wuertz KM, Barkmeier WW, Wilwerding TM: Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite to porcelain repair. J Prosthet Dent 76: 119-124, 1996.
9. Belser UC, MacEntee MI, Richter WA: Fit of three porcelain-fused-to-metal marginal designs in vivo: a scanning electron microscope study. J Prosthet Dent 76: 24-29, 1985.
10. Sailer I, Feher A, Filser F, Gauckler LJ, Luthy H, Hammerle CH: Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. Int J Prosthodont 20: 383-388, 2007.
11. Abduo J, Lyons K, Swain M: Fit of zirconia fixed partial denture: a systematic review. J Oral Rehabil 37: 866-876, 2010.
12. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD: Considerations in measurement of marginal fit. J Prosthet Dent 62: 405-408, 1989.
13. Quante K, Ludwig K, Kern M: Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology. Dent Mater 24: 1311-1315, 2008.
14. Tsitrou EA, Northeast SE, Noort RV: Evaluation of the marginal fit of three margin designs of resin composite crowns using CAD/CAM. J Dent 35: 68-73, 2007.
15. Park JH, Hwang JW, Shin SW: The study of flexural strength of various zirconia ceramics. J Korean Acad Prosthodont 42: 142-152, 2004.
16. Luthardt RG, Sandkuhl O, Herold V, Walter MH: Accuracy of mechanical digitizing with a CAD/CAM system for fixed restorations. Int J Prosthodont 14: 146-151, 2001.
17. Reports of Councils and Bureaus: Revised American National Standards Institute/American Dental Association specification No. 8 for zinc phosphate cement. J Am Dent Assoc 96: 121-123, 1978.
18. Sorensen SE, Larsen IB, Jörgensen KD: Gingival and alveolar bone reaction to marginal fit of subgingival crown margins. Scand J Dent Res 94: 109-114, 1986.
19. McLean JW, von Fraunhofer JA: The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. Br Dent J 131: 107-111, 1971.