

내부육각 연결형 임플란트에서 지르코니아 지대주와 티타늄 지대주의 변연 및 내면 적합도의 비교

김영호 · 조혜원*

원광대학교 치과대학 치과보철학교실

Comparison of marginal and internal fit of zirconia abutments with titanium abutments in internal hexagonal implants

Young-Ho Kim, Hye-Won Cho*

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Wonkwang University, Iksan, Republic of Korea

Purpose: The aim of this study was to evaluate the fit accuracy of two zirconia and titanium abutments in internal hexagonal implants. **Materials and methods:** One titanium abutment and two zirconia abutments were tested in internal hexagonal implants (TSV, Zimmer). Prefabricated zirconia abutments (ZirAce, Acucera) and customized zirconia abutments milled by the Zirkonzahn system (Zirkonzahn Max, Zirkonzahn) were selected and prefabricated titanium abutments (Hex-Lock, Zimmer) were used as a control. Eight abutments per group were connected to implants with 30 Ncm torque. The marginal gaps at abutment-implant interface, the internal gaps at internal hex, vertical and horizontal gaps between screws and screw seats in abutments were measured after sectioning the embedded specimens using a scanning electron microscope. Data analysis included one-way analysis of variance and the Scheffe test ($n=16$, $\alpha=0.05$). **Results:** The mean marginal gap of customized zirconia abutment was higher than those of two prefabricated zirconia and titanium abutments. The internal gaps at internal hex showed no significant differences between customized and prefabricated abutments and were higher than those of prefabricated titanium abutments. The mean vertical and horizontal gaps at screw in prefabricated zirconia abutment were higher than those of prefabricated titanium abutment. In the case of customized zirconia abutment, the mean horizontal gap at screw was higher than those of both the prefabricated zirconia and the titanium abutment but the mean vertical gap was not even measureable. The screw seats were clearly formed but did not match with abutment screws in prefabricated zirconia abutments. They were not, however, precisely formed in the case of customized zirconia abutments. **Conclusion:** Within the limitations of this study, the prefabricated titanium abutments showed better fit than the zirconia abutments, regardless of customized or prefabricated. Also, the customized zirconia abutments showed significantly higher marginal gaps and the fit was less accurate between screws and screw seats than the prefabricated abutments, titanium and zirconia. (*J Korean Acad Prosthodont* 2016;54:93-102)

Key words: Fit; Internal connection implant; Zirconia abutment; Titanium abutment; Customized zirconia abutment

서론

임플란트지지 보철물은 임플란트 고정체에 지대주를 체결하고 수복물을 장착하는 구조로 이루어진다. 임플란트가 개발된 초기에는 지대주가 기계적 생물학적 물성이 우수한 기성 티타늄으로 만들어졌다.¹ 티타늄 지대주는 저작기능의 회복이

요구되는 구치부에 사용할 때는 문제가 없으나, 심미성이 필요한 전치부에 사용하기에는 다소 한계가 있다. 특히 임플란트 주위 치은이 얇거나 치은의 높이가 적절하지 않은 경우 티타늄의 색상이 치은 아래에 드러나거나, 전부도재관으로 수복하고자 하는데 내부 금속이 비치 보여 심미성이 떨어지는 경우 등이다.² 이에 기계적 성질은 향상되고 치아와 비슷한 색조를 지

*Corresponding Author: Hye-Won Cho

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Wonkwang University

344-2 Shinyong-dong, Iksan, Jeonbuk 54538, Republic of Korea

+82 63 859 2937; e-mail, hwcho@wku.ac.kr

Article history: Received January 21, 2016 / Last Revision March 15, 2016 / Accepted March 21, 2016

© 2016 The Korean Academy of Prosthodontics

© 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.

※ Presented at Korean Academy of Prosthodontics Annual meeting, Seoul, Republic of Korea, November, 2013.

※ This study was partially supported by Wonkwang University 2015.

니는 지르코니아를 이용한 지대주가 사용되기 시작하였다.³

지르코니아는 산화 지르코늄(zirconium oxide)의 결정질로 금속과 비슷한 기계적 물성을 가지고 생체적합성이 뛰어난 세라믹 재료이다.⁴ 지르코니아 결정은 온도에 따라 단사정계, 정방정계, 입방정계의 세가지 상으로 구성된 다형구조로 이루어지는데, 지르코니아 표면에 스트레스가 발생하면 균열에너지를 흡수하면서 정방정계에서 단사정계로 상전이(transformation toughening)가 일어난다. 이러한 결정질의 변화로 체적이 팽창하면서 미세균열을 억제하게 된다.³ 따라서 기존의 알루미늄 세라믹보다 높은 압축 강도와 파절 저항성을 가지며, 현재 치의학 분야에서 보철과 보존 치료 및 교정치료 등 다양한 분야에 이용되고 있다.^{4,7}

Sicilia 등⁸은 지르코니아 지대주와 티타늄 지대주가 임플란트 주위 연조직에 미치는 영향에 대한 분석에서 두 지대주 사이에 탐침 시 치주낭 깊이(PPD), 탐침 시 출혈(BOP), 치은 퇴축(REC), 치조골 흡수(MBL) 등 생물학적인 차이는 없으나, 지르코니아 지대주의 심미성이 뛰어나며, 다만 화농이나 부종, fistula, 골유착 상실 등의 후유증이 티타늄 지대주보다 많았다는 보고도 있었다고 부연했다. 또한 같은 환자에 사용된 티타늄 지대주와 지르코니아 지대주를 비교했을 때 연조직의 색에 관련된 pink esthetic score는 지르코니아 지대주가 매우 우수했다고 보고하였다.⁹

기성 지르코니아 지대주는 금형을 이용하여 제작하고 과정이 표준화되어 있기 때문에 고정체와의 적합도가 우수하고 사용하기 쉽다. 그러나 보철물의 심미성을 높이기 위해 emergence profile을 바꾸어야 하거나 치경부의 조정이 필요한 경우 기성 지르코니아 지대주로는 변형하기가 쉽지 않다.¹⁰ 이러한 한계를 극복하기 위하여 CAD/CAM (Computer assisted design/Computer assisted manufacturing) 시스템을 이용한 맞춤형 지르코니아 지대주를 이용할 수 있으나, 아직은 임플란트 고정체와 맞춤형 지르코니아 지대주 계면의 적합도에 관한 정보가 매우 부족하다.¹¹

지르코니아를 CAD/CAM으로 절삭가공하여 수복물에 이용하는 경우는 점차 늘어나고 있으나, 임플란트 지대주로 사용할 때에는 주로 금속하부구조(metallic insert) 위에 장착되는 two-piece 형으로 제작되고 있다.¹⁰ 과거에는 임플란트 고유의 내부육각형태를 정확히 재현하지 못하였으나, 현재는 CAD/CAM 시스템의 발달로 내부육각 연결형 임플란트의 맞춤형 지르코니아 지대주를 제작할 수 있게 되었다. 하지만 다양한 임플란트 회사의 제품을 절삭 가공하도록 프로그램이 설치된 CAD/CAM 시스템을 갖춘 기공소가 많지 않으며, 맞춤형 지르코니아 지대주가 임상적으로 많이 사용되고 있지는 않다. 이는 가공 시 스캐너나 모형의 오차, CAM의 오차, 가공기의 오차, 완소결로의 오차, 블록의 수축 오차 등의 오차를 발생시킬 수 있는 변수가 많아 적합도가 낮기 때문이라고 추측된다. 특히, 내부육각 연결형으로 고유의 정확한 각도와 표면을 요구하는 임플란트 지대주에서 이런 오차들은 맞춤형 임플란트 지대주

를 임상적으로 적용하는데 어려움을 줄 수 있다.

최근 Zembic 등¹²은 11년에 걸친 임상 연구에서 copy milling하여 제작한 지르코니아 지대주를 연결하고 Empress I 도재관으로 수복한 전치부 임플란트가 자연치와 비교했을 때 생존율에 차이가 없었다고 보고하였다. 그들은 지르코니아 지대주의 생존율이 100%, 누적 성공률은 96.3%이며, 31개 중 2개의 지대주에서 나사풀림이 있었다고 보고했다. 이는 지르코니아의 상전이에 따라 균열저항성(crack resistance)이 높기 때문인 것으로 설명하였다. 이에 본 연구는 내부육각 연결형 임플란트 시스템에서 티타늄 지대주를 대조군으로 하여, 기성 지르코니아 지대주와 copy milling으로 제작한 맞춤형 지르코니아 지대주를 체결하고, 지대주-임플란트 계면에서 변연간극, 내부육각 내면간극, 지대주 나사 수직간극, 지대주 나사 수평간극을 측정하고 비교 분석하여 맞춤형 지대주 설계에 도움이 되고자 하였다.

재료 및 방법

1. 지대주-임플란트 시편의 제작

임플란트 고정체는 직경 4.5 mm, 길이 11.5 mm의 내부육각 연결구조를 갖는 TSV (Zimmer, Carlsbad, CA, USA) 임플란트를 사용하였다 (Fig. 1A, Fig. 1B). 24 개의 임플란트는 플라스틱 주형(10 mm × 10 mm × 15 mm)에 투명한 아크릴 레진(Orthojet, Lang Dental, Wheeling, WV, USA)으로 매몰하여 고정하였다. 임플란트에 다음과 같은 세 가지 종류의 지대주를 제작해 체결하였다.

1) 기성 티타늄 지대주

상악 중절치 수복을 위한 임플란트 지대주의 일반적인 형태를 보여주는 기본형 모델을 제작하고 이를 대조군으로 하였다. 임플란트 고정체는 상악 전치부에 15° 순측 경사되어 식립한 형태로 재현하였다. 이에 적합한 지대주의 형태로서 시멘트유지형 지대주인 티타늄 Hex-Lock (HLA4/4, Zimmer) 지대주를 높이 10 mm, 측면 경사도 6°, 순면 경사도 20°로 삭제하고 순면에 나사구멍(screw access hole)이 오도록 밀링 머신(S3, Schick, Schemmerhofen, Germany)을 이용하여 형성하였다. 지대주는 고정체 상부 1 mm 부위에 rounded shoulder 변연을 형성하고 putty 실리콘(Exafine, GC, Tokyo, Japan)으로 복제용 가이드를 만들었다. 가이드에 의거해 8 개의 기성 티타늄 지대주 시편을 형성해 완성하였다 (Fig. 1C).

2) 기성 지르코니아 지대주

기성 지르코니아 지대주는 (Y,Nb)-TZP를 이용한 ZirAce (ZTSV47, Acucera, Seoul, Korea)를 사용하였다. 지르코니아 지대주는 platform 직경 4.5 mm, 최대풍융부 직경 5.5 mm이며 최대풍융부에서 절단쪽으로 3.75°의 수렴도를 보이고 전체 길이는 7.57 mm이었다. 각 지대주는 고정체에 연결한 후, 기성 티타늄 지대주의 길이와 순측 및 변연 형태를 재현하도록 실리콘 가

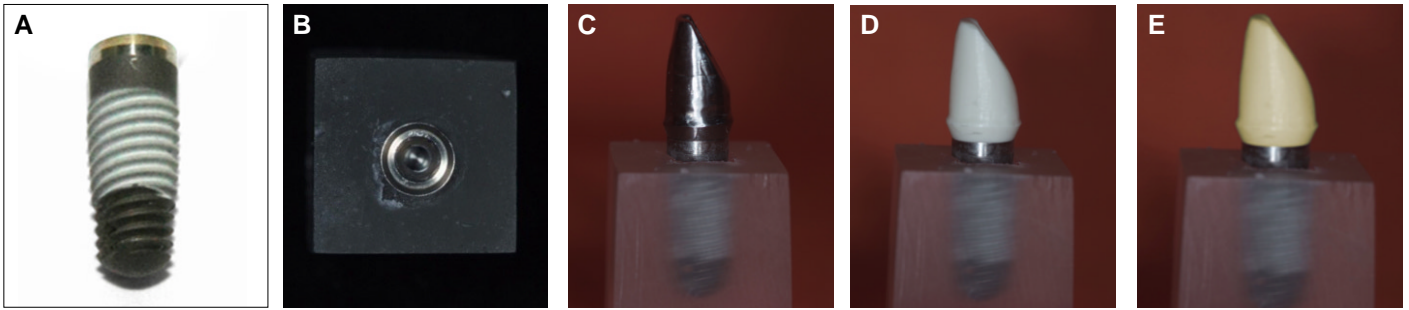


Fig. 1. Abutment groups used in this study. (A) Zimmer implant fixture, (B) Fixture embedded in a plastic mold, (C) Prepared titanium master abutment, (D) Prepared prefabricated zirconia (ZirAce) abutment, (E) Customized zirconia abutment milled by Zirkonzahn system.

이드를 기준으로 밀링 머신(Schick)에서 주수 하에 삭제 형성하여 8개의 기성 지르코니아 지대주 시편을 제작하였다(Fig. 1D).

3) 맞춤형 지르코니아 지대주

맞춤형 지르코니아 지대주는 copy milling (Zirkonzahn Max, Zirkonzahn, Bolzano, Italy)을 이용하여 기성 티타늄 지대주를 복제하는 방법으로 제작하였으며, green type의 지르코니아 블록(ICE Zircon, Zirkonzahn)을 가공하여 제작하였다(Fig. 1E). Green type 지르코니아는 지대주로 가공된 후 제조사의 지시에 따라 소결 소성로에서 20℃에서 1500℃까지 3시간 동안 온도를 상승시킨 후 1500℃에서 2시간 동안 온도를 유지하여 완성하는 방식으로 8개의 맞춤형 지르코니아 지대주 시편을 제작하였다(Fig. 1E).

2. 시편의 매물 및 절단

임플란트 고정체에 제작된 세 종류의 지대주를 torque wrench를 사용해 30 Ncm의 토크로 체결 고정하였다(Fig. 1). 나사 구멍(access hole)은 접착제(SE bond, Kuraray, Okayama, Japan) 처리 후 20초간 광중합하고, 광중합형 레진(Filteck Z350, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)을 충전하고 20초간 광중합하였다. 플라스틱 주형(10 mm × 20 mm × 25 mm)에 투명한 아크릴 레진으로 시편을 재 매물하여 각 군당 8개의 시편을 제작하였다. 저속절단기의 다이아몬드 saw (Isomet low speed saw, Buehler, Lake Bluff, IL, USA)를 이용하여 시편의 중심부에서 근원심으로, 고정체 장축 방향으로 절단하였다. 각 시편의 절단면은 SiC paper를 이용하여 2000 grit까지 단계적으로 연마하였다. 초음파 세척기로 임플란트 고정체와 지대주 표면, 연결부위 및 나사선 사이의 이물질을 제거하였다(Fig. 2).

3. 임플란트 고정체와 지대주 및 지대주 나사 사이의 적합도 측정

각 시편의 절단면은 주사전자현미경(JSM-6360, Jeol Ltd., Tokyo, Japan)으로 100배로 확대하여 관찰하였다(Fig. 3). 주사전

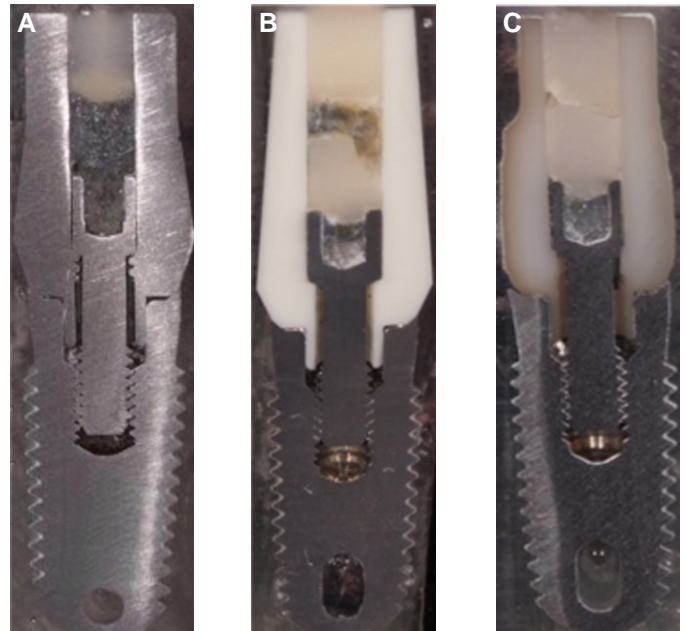


Fig. 2. Cross-sectional view of abutment-implant assemblies. (A) Titanium abutment, (B) Prefabricated zirconia abutment, (C) Customized zirconia abutment

자현미경과 연동되는 Smile view 프로그램(ver 2.05, Jeol Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 한 개의 시편당 좌측과 우측에서 2회씩 임플란트 고정체와 지대주 사이의 변연과 내면 간극을 측정하였고, 지대주 나사와 지대주의 나사받침(screw seat) 사이의 수평, 수직 간극을 각각 측정하였다(N=16). 측정부위는 Fig. 4, Fig. 5와 같다.

변연간극은 고정체의 변연부가 시작되는 부위에서부터 시작점, 0.1 mm, 0.2 mm 지점에서 지대주와의 수직 간극을 측정하고, 변연부에서 고정체와 지대주가 접촉하는 길이(contact length)를 측정하였다. 내부육각 내면간극은 고정체의 내부육각이 시작되는 부위에서부터 시작점, 0.1 mm, 0.2 mm 지점에서 지대주

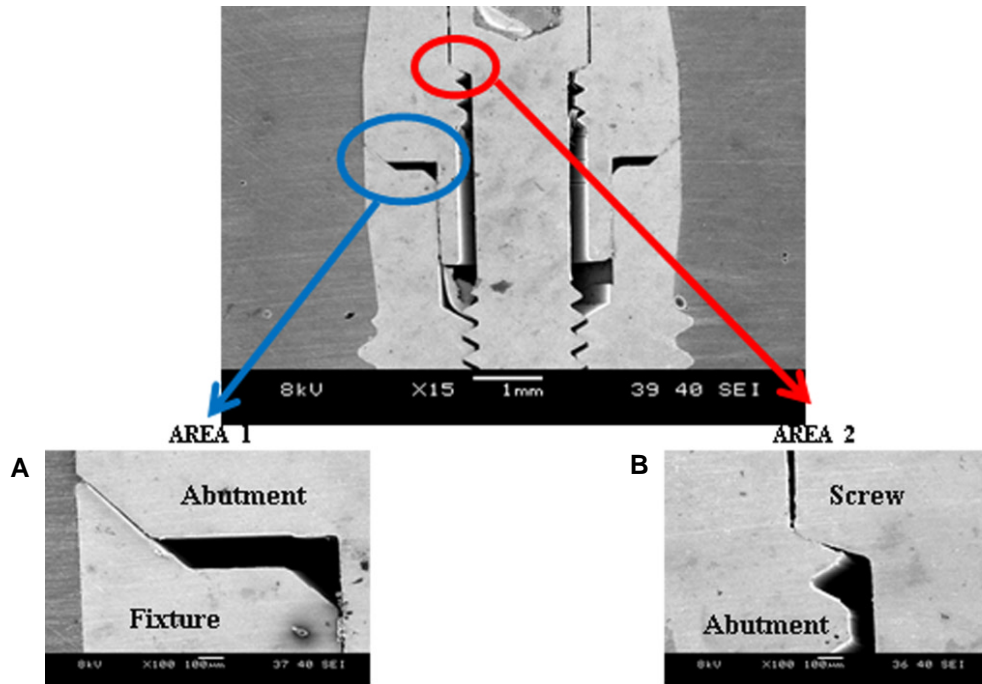


Fig. 3. SEM images of titanium abutment-implant assembly. (A) AREA 1: Fixture-abutment interface, (B) AREA 2: Abutment screw-screw seat interface.

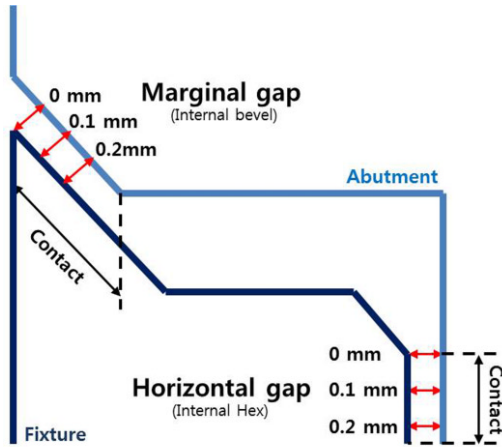


Fig. 4. Schematic drawing of the measuring points in abutment-implant interface.

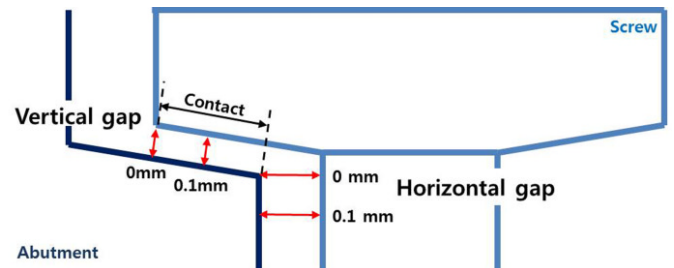


Fig. 5. Schematic drawing of the measuring points in abutment screw-screw seat interface.

와의 수평 간극을 측정하였다 (Fig. 4).

지대주 나사와 지대주의 나사받침 사이의 수직간극은 나사 머리(screw head)와 지대주가 접촉되기 시작하는 부위에서 시작점(0 mm)과 0.1 mm 지점에서 측정하였고, 같은 위치에서 접촉 길이를 측정하였다. 나사받침의 수직부가 시작되는 부위에서 부터 시작점, 0.1 mm 지점에서 지대주와의 수평간극을 측정하였다 (Fig. 5).

4. 통계 처리 및 분석

통계분석은 SPSS 프로그램(SPSS 12.0, IBM SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 지대주의 종류에 따른 미세간극의 차이를 알아보기 위해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)로 신뢰수준 95%에서 분석하였고, 사후검정으로 Scheffe test를 시행하였다.

결과

1. 지대주-임플란트 계면에서의 간극

일원배치분산분석결과, 지대주의 종류에 따라 변연과 내부 육각 내면 간극에 차이가 있는 것으로 나타났다. 변연부에서 맞춤형 지르코니아 지대주가 기성 지르코니아 지대주나 기성 티타늄 지대주보다 간극이 크게 나타났다 ($P<0.05$). 기성 지르코니아 지대주는 기성 티타늄 지대주와 변연간극이나 접촉길이에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 1, Fig. 6). 맞춤형 지르코니아 지대주는 변연 간극의 표준편차가 컸고 균일하지 않았다 (Fig. 6C).

내부 육각 내면 간극은 맞춤형 지르코니아 지대주와 기성 지르코니아 지대주 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 기성 티타늄 지대주보다 크게 나타났다 ($P<0.05$). 지르코니아 지대주 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

2. 지대주 나사-나사받침 계면에서의 간극

지대주 나사와 나사받침 사이의 접촉 길이, 수직 간극, 수평 간극은 Table 2와 같다 (Fig. 7). 지대주 나사와 나사받침 사이의 접촉 길이는 맞춤형 지르코니아 지대주에서 측정하기 어려웠고 두 기성 지대주 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($P=0.481$). 기성 지르코니아 지대주는 나사받침이 형성되어 있으나 지대주 나사와 조화되지 않았으며, 수직 간극에서 티타늄 지대주와 통계적으로 유의한 차이를 보였다 (Fig. 7B). 맞춤형 지르코니아 지대주는 기성 티타늄이나 지르코니아 지대주와 비교하였을 때 나사받침이 명확히 형성되어 있지 않았고 적합도가 매우 낮아 수직 간극의 측정을 제외하였다 (Fig. 7C). 지대주 나사와 나사받침 사이의 수평 간극은 통계적으로 유의한 차이가 있으며, 맞춤형 지르코니아 지대주가 가장 컸고 기성 지르코니아 지대주, 기성 티타늄 지대주 순으로 감소하였다 (Table 2).

Table 1. Mean contact length, marginal and internal gaps between abutment and implant (μm)

| | | Abutments | | |
|------------------|------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | Prefabricated titanium | Prefabricated zirconia | Customized zirconia |
| Contact length | (mm) | 341.19 (17.52) | 303.29 (119.13) | 243.00 (100.20) |
| Marginal gap | 0 | 0 (0) ^a | 6.25 (15.26) ^a | 28.94 (32.03) ^b |
| (internal bevel) | 0.1 | 0 (0) ^a | 5.56 (14.77) ^a | 25.69 (30.87) ^b |
| | 0.2 | 0 (0) ^a | 4.13 (15.22) ^a | 26.50 (28.20) ^b |
| | Mean | 0 (0) ^a | 5.31 (14.88) ^a | 27.04 (29.79) ^b |
| Horizontal gap | 0 | 5.81 (8.22) ^a | 20.94 (25.79) ^a | 13.75 (11.78) ^a |
| (internal hex) | 0.1 | 4.75 (6.98) ^a | 22.44 (27.31) ^b | 21.56 (14.60) ^b |
| | 0.2 | 3.69 (6.27) ^a | 17.69 (21.81) ^b | 23.56 (14.77) ^b |
| | Mean | 4.75 (7.10) ^a | 20.35 (24.62) ^b | 19.63 (14.15) ^b |

* Means with different superscript letters in the same column were significantly different ($P<0.05$; Tukey test).

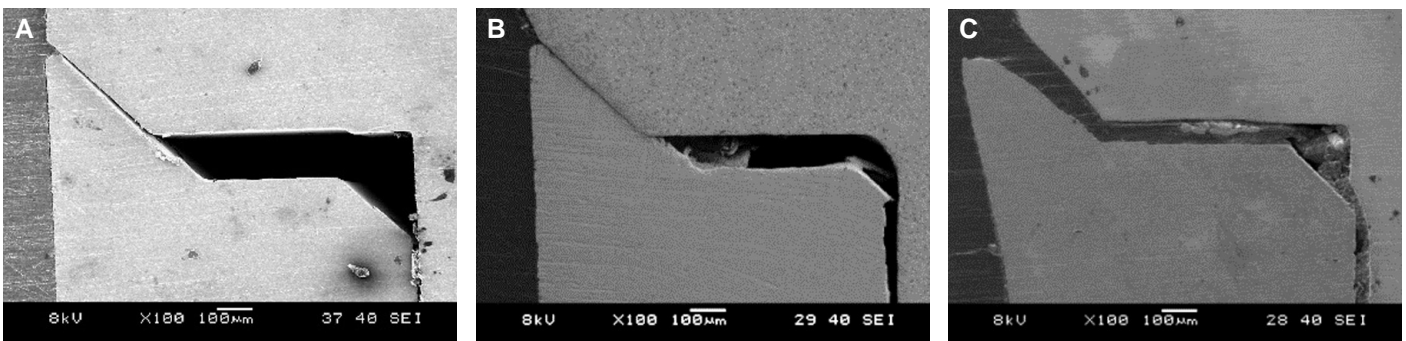


Fig. 6. SEM images of abutment-implant interface (magnification $\times 100$). (A) Titanium abutment, (B) Prefabricated zirconia abutment, (C) Customized zirconia abutment.

Table 2. Mean contact length, vertical and horizontal gaps between abutment screw and screw seat (μm)

| | | Abutments | | |
|--------------------------------|------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Prefabricated titanium | Prefabricated zirconia | Customized zirconia |
| Contact length | (mm) | 151.31 (79.55) | 138.44 (93.73) | - |
| Vertical gap (screw seat) | 0 | 0 (0) ^a | 28.25 (19.23) ^b | - |
| | 0.1 | 0 (0) ^a | 2.06 (3.49) ^b | - |
| | Mean | 0 (0) ^a | 15.16 (19.02) ^b | - |
| Horizontal gap (axial wall) | 0 | 94.75 (13.23) ^a | 183.25 (81.91) ^b | 220.94 (28.53) ^b |
| | 0.1 | 94.75 (13.23) ^a | 183.75 (82.16) ^b | 218.94 (28.56) ^b |
| | Mean | 94.75 (13.01) ^a | 183.50 (80.70) ^b | 219.94 (28.10) ^b |

* Means with different superscript letters in the same column were significantly different ($P < .05$; Tukey test).

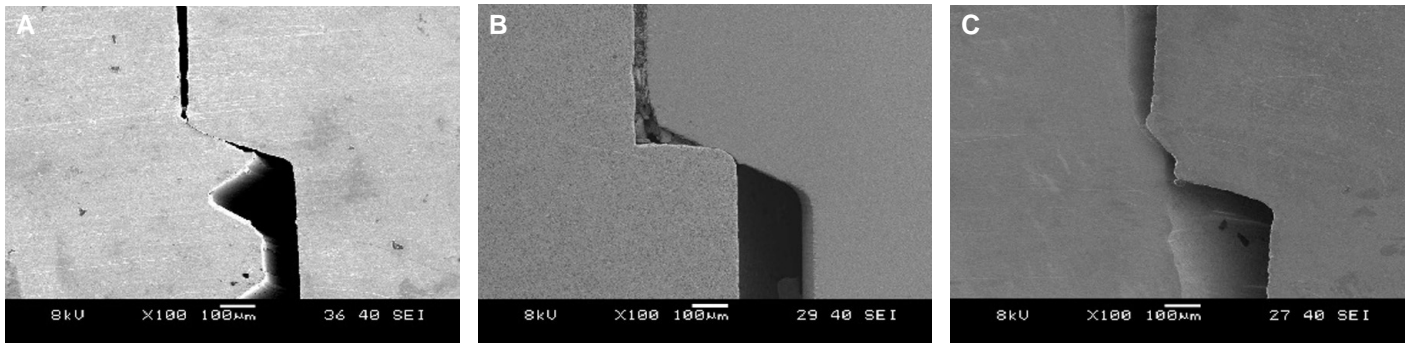


Fig. 7. SEM images of abutment screw-screw seat interface (magnification $\times 100$). (A) Titanium abutment, (B) Prefabricated zirconia abutment, (C) Customized zirconia abutment.

고찰

치아가 상실되면 임플란트에 의해 수복하는 방법이 보편화되면서 임플란트지지 보철물의 심미성에 대한 관심도 높아지고 있다.² 기성 티타늄 지대주나 맞춤형 금합금 지대주는 금속이 가지는 색조로 인하여 전치부와 같이 심미성이 중요한 부위에서 사용하기 어려울 때가 있다. 또한 기성 지르코니아 지대주는 임플란트 하부 연조직의 형태와 부피감을 재현해 내는데 있어 한계가 있다. 이에 대한 대안으로 맞춤형 지르코니아 지대주가 개발되었으나 아직까지 적합도에서 기성 지르코니아 지대주에 비하여 만족스럽지 못하다.

임플란트 지대주의 장기간의 임상적 성공은 지대주와 고정체 계면의 변연부 적합도에 따라 영향을 받는다. 변연부의 적합이 부정확할 경우 고정체와 지대주 계면에 치태침착과 미생물총의 변화를 가져오게 되어 임플란트 주위염의 원인이 될 수 있다.^{13,14} 또한 지대주의 변연 간극이 크면, 반복하중에 따른 나사풀림이 발생하고 지대주가 파절되며 골흡수와 임플란트 구성부의 파절이 일어날 수 있다.¹⁴

임플란트 지대주의 변연 적합도를 측정하는 방법은 매우 다양하다. Contrepolis 등¹⁵은 전부 도재관의 적합도에 관한 종설에서 측정 방법 중 변연부를 현미경으로 직접 관찰하는 방법(direct observation)과 절단시편측정법(cross section technique)이 많이 사용되었다고 보고했다. 그러나 직접 관찰법은 외부에서 보이는 부분만 측정이 가능하고, 절단시편측정법은 매우 침습적이고, 한 시편당 관찰할 수 있는 지점이 적은 단점이 있다고 평가하였다. 본 연구에서는 지대주의 변연부와 함께 지대주와 지대주 나사 사이의 관계를 분석하기 위해 절단시편측정법을 사용하였다.

Byrne 등¹⁶은 외부육각 연결형 임플란트에서 재료와 제작방법이 다른 3가지 금속 지대주의 변연과 내면 간극을 절단시편측정법으로 측정하였으며, 지대주-임플란트 계면에서의 절대 변연간극(absolute marginal discrepancy)이 36 - 86 μm 이었다고 보고하였다. 또한 Yüzügüllü와 Avcı¹⁷는 주사전자현미경을 이용하여 직접관찰법으로 외부육각 연결형 임플란트에서 임플란트 고정체와 지르코니아 지대주 사이의 평균 변연 간극을 측정한 결과, 2.53 μm 였다고 보고하였다. Kanno 등¹⁸은 절단시편 측정법

을 이용하여 Astra Tech 임플란트 고정체의 conical seal 부위에서 기성 지르코니아 지대주의 평균 변연 간극을 측정한 결과 지대주를 다이아몬드 버로 형성한 후에 1.17 μm , 도재 비니어를 직접 소성한 후에 1.8 μm 로 큰 차이가 없다고 보고하였다. 반면에 Hjerpe 등¹⁹은 Xive 임플란트에서 직접관찰법으로 측정된 기성 지르코니아 지대주와 copy milling 해 제작한 맞춤형 지르코니아 지대주 및 수정한 지르코니아 지대주의 평균 수직 간극이 각각 1.5 μm , 2.5 μm , 7.5 μm 라고 보고하였다. 이들 연구에서 임플란트 고정체와 지대주 사이의 변연 간극에 대한 측정값의 차이가 큰 이유는 지대주와 임플란트 고정체 사이 계면의 형태가 다르고, 따라서 측정지점이 다를 뿐 아니라 측정방법도 달랐기 때문이다. 본 연구에서도 기성 지르코니아 지대주는 5.31 μm 로 기성 티타늄 지대주와 유의한 차이가 없으나, 맞춤형 지르코니아 지대주는 27.04 μm 로 크게 나타났으며 지대주 제작 시 보다 정밀한 가공이 필요할 것이다.

Baldassarri 등²⁰은 내부연결형 임플란트 고정체에 체결된 3 종류의 맞춤형 지르코니아 지대주의 변연 간극을 직접관찰법으로 측정된 결과, 5.7 - 11.8 μm 의 수직 간극을 보여 티타늄 지대주보다 3 - 7배 컸다고 보고했으며, 맞춤형 지르코니아 지대주의 표준화가 어려웠다고 하였다. 또한 Ribeiro 등²¹은 알루미늄 master die에서 CAD/CAM 지르코니아 코핑과 copy milling한 지르코니아 코핑을 제작하고, 변연 간극은 직접관찰법으로 내면간극은 replica 테크닉으로 계측 비교하였다. 평균 변연 간극은 CAD/CAM 지르코니아 코핑이 우수했으나, 내면 간극은 copy milling 해 제작한 지르코니아 코핑이 우수했다고 하며 두 가지 방법 모두 개선이 필요하다고 하였다.

그러나 Alikhasi 등²²은 고가의 장비와 숙련된 기술이 필요한 CAD/CAM 지대주에 비해 copy milling해 제작한 지르코니아 지대주가 경제적이며, 일반 기공실에서 쉽게 제작할 수 있어 유리하다고 하였다. 또한 copy milling해 제작한 지르코니아 지대주와 티타늄 지대주를 외부육각구조형 임플란트 고정체에 체결하여 비디오 측정기(video measuring machine)로 관찰한 연구에서 각각 rotational freedom이 8.28°/0.99°, 수평 변연 간극이 5 μm /2 μm , 토크 손실율이 44.29%/36.32%이며 수직 변연 간극은 차이가 없었다고 보고하였다. 티타늄 지대주에 비해 맞춤형 지르코니아 지대주의 정밀도가 다소 떨어지고 5° 이상의 rotational freedom¹⁴을 보여 불리한 점이 있으나, 지대주 나사의 토크 유지는 가능해 임플란트 지대주로 사용 가능하다고 평가하였다.

Zimmer 임플란트 시스템의 지대주-임플란트 계면은 0.5 mm 폭의 44° 경사된 internal bevel과 1 mm 폭의 ledge, 및 직경 2.5 mm, 높이 1.5 mm, 1° 경사를 가진 내부육각 구조로 이루어져 있으며, 다양한 기성 지대주와 맞춤형 지대주를 선택할 수 있다. 최근 Gilbert 등²³은 Zimmer 임플란트 고정체에서 임플란트 제조사들이 만든 기성 지대주와 기공실 등에서 만든 맞춤형 지대주 중 6종의 티타늄 지대주와 3종의 지르코니아 지대주를 손으로 고정(20 Ncm)한 경우와, torque 조절기를 이용해 30 Ncm으로 고정할 때 발생하는 변위의 차이를 계측 비교하였다. 토크 증

가 시, 삼차원 중 수평 변위가 가장 크게 나타났고 Atlantis 사와 Inclusive 사의 티타늄 지대주와 Legacy 사의 지르코니아 지대주가 각각 16 μm , 10 μm , 11 μm 의 삼차원적 변위를 나타내어 다른 지대주들보다 유의하게 컸다고 보고하였으며, 지르코니아 지대주의 안정성이 높다고 하였다. 지대주의 재료와 제작 방법이 다변화되면서 지대주의 내부구조에 대한 탐색이 필요할 것이다.

본 연구에서 지대주-임플란트 계면 중 변연부의 0.5 mm-internal bevel에서의 접촉길이(contact length)는 243 - 341.19 μm 로 티타늄 지대주, 기성 지르코니아 지대주, 맞춤형 지르코니아 지대주 순으로 감소하였으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 변연 간극에 있어서도 두 기성 지대주 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 맞춤형 지르코니아 지대주는 27.04 μm 로 크게 나타났으며, 이는 Hjerpe 등¹⁹의 결과와 일치하였다. 한편 Hoyer 등²⁴은 고정체와 지대주를 연결한 후 5 × 10⁶회의 동적 하중을 주었을 때 지대주와 고정체 계면의 변연 간극이 0 - 30 μm 였고, 그 정도의 간극은 임상적으로 허용될 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서 측정된 기성 지르코니아 지대주와 맞춤형 지르코니아 지대주의 변연 적합도는 모두 30 μm 이하로 임상적으로 허용되는 범위 내에 있었다.

내부 육각 부위에서 측정된 내면 간극은 4.74 - 20.35 μm 이었으며, 두 지르코니아 지대주 사이에는 차이가 없으나, 티타늄 지대주보다 컸다. Sui 등²⁵은 GSII 임플란트 고정체(Osstem, Seoul, Korea)에서 티타늄 지대주를 복제해 만든 맞춤형 지르코니아 지대주를 연결해 계측한 결과, 지대주-임플란트 계면에서 내부육각 내면 간극이 19.38 μm , morse taper 구조의 변연 간극은 17.55 μm 라고 하였으며, 이들 간극이 클수록 지르코니아 지대주의 파절저항이 낮았다고 보고하였다. 따라서 내부육각구조 임플란트의 지르코니아 지대주 설계 시 육각구조에서의 접촉 정도와 적절한 두께가 파절저항에 중요하며 지르코니아의 두께는 최소한 0.5 mm¹⁴ 이상이 되도록 설계해야 할 것이다.

지대주와 지대주 나사 계면에서 나사 머리와 나사 받침 사이의 접촉길이는 138.44 - 151.31 μm 로 두 가지 기성 지대주 사이에 차이가 없었으나, 맞춤형 지르코니아 지대주에서는 측정할 수 없었다. Byrne 등¹⁶이 보고한 외부육각 연결형 임플란트에서는 지대주-임플란트 계면에서 202 - 374 μm , 지대주-지대주 나사 계면에서 48 - 219 μm 의 접촉길이를 보고한 바 있다. 두 계면에서 기성 티타늄이나 금합금 지대주보다 플라스틱 패턴을 주조한 금합금 지대주의 접촉길이가 짧았고 통계학적인 유의차가 있었으며 본 연구의 결과와 유사하였다.

지대주-지대주 나사 계면에서의 수직 간극은 기성 지르코니아 지대주에서 15.16 μm 으로 티타늄 지대주보다 유의하게 컸으며, 맞춤형 지르코니아 지대주에서는 나사받침이 제대로 형성되어 있지 않아 계측하기 어려웠다. 맞춤형 지르코니아 지대주는 기성 티타늄 지대주를 copy milling 해 제작했으나, 가공 정밀도가 부족해 절단 시편에서 측정할 수 없었다. 이와 같이 금속하부구조가 없는 one-piece 형의 지르코니아 지대주를 제작할

때 특히 나사받침 부분의 설계에 주의해야 지대주 나사를 사용할 수 있고 적절한 토크를 가하거나 유지할 수 있을 것이다. 지대주-지대주 나사 계면에서의 수평간극은 두 지르코니아 지대주가 티타늄 지대주보다 컸다. 수평간극이 크면 그만큼 지대주의 축벽 두께가 감소하기 때문에 지르코니아 지대주의 파절저항에 영향을 미칠 수 있다.¹¹

Smith와 Turkyilmaz²⁶는 *Porphyromonas gingivalis*와 *Prevotella intermedia*, *Fusobacterium nucleatum* 등이 혼합된 시험관 내에서 지르코니아 지대주와 티타늄 지대주를 연결 고정된 임플란트의 미생물 누출(bacterial leakage)을 측정하고, 지르코니아 지대주를 20 Ncm으로 체결한 경우에 35 Ncm으로 체결한 경우보다 누출이 증가했다고 보고했다. 또한 변연 간극을 stereomicroscopy를 이용한 직접관찰법으로 측정한 결과 지르코니아 지대주에서 12.38 μ m, 티타늄 지대주에서 5.25 μ m로 나타났다고 보고했다. 또한 Abdelhamed 등²⁷은 지르코니아 지대주와 티타늄 지대주의 변연간극을 micro CT로 비교한 결과 차이가 없었다고 하였고, 미생물 누출을 감소시키기 위해 지르코니아 지대주에서 25 Ncm의 토크를 가하는 것이 중요하다고 하였다. 따라서 지르코니아 지대주를 25 Ncm 이상의 토크를 줄 수 있는 구조로 만들어야 하고 그만큼 나사 받침에 대한 세심한 조절이 필요할 것이다. 그러나 이 두 연구는 지대주-임플란트 시편을 통째로 시험관에 넣었기 때문에 나사 구멍(access hole)을 통한 미생물 누출도 가능했을 것이다. Park 등²⁸은 나사 구멍에 대한 적절한 폐쇄재가 필요하며, 폐쇄재의 종류에 따라 나사 구멍을 통한 누출이 지대주-임플란트 계면보다 크게 발생한다고 하였다.

이상과 같이 기성 티타늄이나 지르코니아 지대주보다 맞춤형 지르코니아 지대주에서 미세간극이 큰 원인을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 지르코니아 지대주의 제조방법의 차이에 따른 오차가 발생할 수 있다. 기성 지르코니아 지대주의 경우, 내부의 육각연결구조나 나사받침을 금형을 이용하여 압축성형하고 완전 소결 후 외부가공을 시행하여 제작한다. 반면에 copy milling을 이용한 맞춤형 지대주의 경우 가소화된 green body 상태의 지르코니아 블록을 절삭가공한 후 완전 소결을 시행하기 때문에 소결 후 수축으로 인한 오차가 발생할 수 있다.¹⁹ 또한 copy milling 가공 시 절삭에 사용되는 tool의 두께가 있기 때문에 가장 얇은 tool을 사용하더라도 내부육각 연결구조형 지대주를 가공할 때 육각 연결구조 끝의 모서리 부분을 정밀하게 가공하기가 어렵다. 둘째, 제작자 간의 숙련도에 따른 오차가 발생할 수 있다. 맞춤형 지르코니아 지대주 제작에 사용된 MAD/MAM 시스템은 reading tool이 접촉하여 표면을 읽는 방식의 밀링 시스템을 이용한다. 이는 컴퓨터를 이용하는 CAD/CAM 시스템과는 달리 술자의 수작업이 동반되는데, 술자가 MAD/MAM 시스템을 다루는데 있어 숙련도가 필요하게 되고, 술자 간의 숙련도 차이가 가공물의 정확도에 영향을 미치게 되므로 오차가 발생할 수 있다.²⁹ 마지막으로 내부육각 연결형 임플란트는 변연부의 internal bevel에서 기능 중에 마모와 침하 가능성이 보고되는 바,³⁰ 이에 대한 적절한 대비가 필요할 것이다.

결론

본 연구에서 임플란트 지지 보철물에 사용 가능한 지르코니아 지대주의 변연 및 내면 적합도를 비교하기 위하여 기성 티타늄 지대주, 기성 지르코니아 지대주, 맞춤형 지르코니아 지대주의 절단면을 주사전자현미경으로 관찰하였다. 임플란트 고정체와 지대주 계면 사이와 지대주 나사와 지대주의 나사 받침 사이의 미세간극을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 내부육각 연결형 임플란트에서 기성 티타늄 지대주가 두 종류의 지르코니아 지대주보다 적합도가 좋았다.
2. 맞춤형 지르코니아 지대주의 변연간극은 두 가지 기성 지대주에 비해 컸다 ($P<.05$). 내부육각 내면간극은 맞춤형 지르코니아 지대주와 기성 지르코니아 지대주 사이에 유의차를 보이지 않았고 기성 티타늄 지대주보다 컸다 ($P<.05$).
3. 기성 지르코니아 지대주의 지대주 나사 수직간극과 수평간극은 기성 티타늄 지대주보다 컸다 ($P<.05$).
4. 맞춤형 지르코니아 지대주는 두 가지 기성 지대주보다 지대주 나사 수평간극이 컸으며 ($P<.05$), 지대주 나사 수직간극을 측정할 수 없었다. 기성 지르코니아 지대주는 나사받침이 명확하게 형성되어 있었으나, 나사받침의 형태가 지대주 나사와 조화되지 않았다. 맞춤형 지르코니아 지대주의 경우에는 나사받침이 명확하게 형성되어 있지 않았다.

본 연구에서 내부육각연결형 임플란트에서 기성 티타늄 지대주가 두 종류의 지르코니아 지대주보다 적합도가 좋았다. 맞춤형 지르코니아 지대주는 기성 지르코니아 지대주나 기성 티타늄 지대주보다 큰 변연간극을 보였다. 또한 맞춤형 지르코니아 지대주에서 나사받침이 명확하게 재현되어 있지 않았고, 기성 지르코니아 지대주는 지대주 나사와 조화되지 못했다. 이는 여러 오차들로 인하여 내부육각 연결구조의 재현이 어렵다는 것을 반증하는 것이라 볼 수 있을 것이다. 따라서 이러한 오차를 줄임으로써 임플란트의 내부육각 연결구조를 정확하게 재현해 낼 수 있는 CAD/CAM 시스템의 개발이 필요할 것이다.

ORCID

Hye-Won Cho <http://orcid.org/0000-0003-0623-5647>

References

1. Andersson B, Odman P, Lindvall AM, Brånemark PI. Cemented single crowns on osseointegrated implants after 5 years: results from a prospective study on CeraOne. *Int J Prosthodont* 1998;11:212-8.
2. Yildirim M, Edelhoff D, Hanisch O, Spiekermann H. Ceramic abutments--a new era in achieving optimal esthetics in implant dentistry. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000;20:81-91.
3. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999;20:1-25.

4. Heydecke G, Butz F, Hussein A, Strub JR. Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. *J Prosthet Dent* 2002;87:438-45.
5. Jeong HC. Fracture strength of zirconia monolithic crowns. *J Korean Acad Prosthodont* 2006;44:157-64.
6. 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* 2008;46:22-30.
7. Kwon YJ, Lee YS, Park WH. Comparative study in marginal adaptation of zirconia cores fabricated with three different CAD/CAM systems. *J Korean Acad Prosthodont* 2008;46:12-21.
8. Sicilia A, Quirynen M, Fontollet A, Francisco H, Friedman A, Linkevicius T, Lutz R, Meijer HJ, Rompen E, Rotundo R, Schwarz F, Simion M, Teughels W, Wennerberg A, Zuh O. Long-term stability of peri-implant tissues after bone or soft tissue augmentation. Effect of zirconia or titanium abutments on peri-implant soft tissues. Summary and consensus statements. The 4th EAO Consensus Conference 2015. *Clin Oral Implants Res* 2015;26:148-52.
9. Linkevicius T, Vaitelis J. The effect of zirconia or titanium as abutment material on soft peri-implant tissues: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res* 2015;26:139-47.
10. Canullo L. Clinical outcome study of customized zirconia abutments for single-implant restorations. *Int J Prosthodont* 2007;20:489-93.
11. Park JI, Lee Y, Lee JH, Kim YL, Bae JM, Cho HW. Comparison of fracture resistance and fit accuracy of customized zirconia abutments with prefabricated zirconia abutments in internal hexagonal implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2013;15:769-78.
12. Zembic A, Philipp AO, Hämmerle CH, Wohlwend A, Sailer I. Eleven-Year Follow-Up of a Prospective Study of Zirconia Implant Abutments Supporting Single All-Ceramic Crowns in Anterior and Premolar Regions. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015;17:e417-26.
13. Jansen VK, Conrads G, Richter EJ. Microbial leakage and marginal fit of the implant-abutment interface. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:527-40.
14. Gomes AL, Montero J. Zirconia implant abutments: a review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2011;16:e50-5.
15. Contrepois M, Soenen A, Bartala M, Laviole O. Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2013;110:447-454.
16. Byrne D, Houston F, Cleary R, Claffey N. The fit of cast and pre-machined implant abutments. *J Prosthet Dent* 1998;80:184-92.
17. Yüzügüllü B, Avcı M. The implant-abutment interface of alumina and zirconia abutments. *Clin Implant Dent Relat Res* 2008;10:113-21.
18. Kanno T, Milleding P, Wennerberg A. Topography, micro-hardness, and precision of fit on ready-made zirconia abutment before/after sintering process. *Clin Implant Dent Relat Res* 2007;9:156-65.
19. Hjerpe J, Lassila LV, Rakkolainen T, Narhi T, Vallittu PK. Load-bearing capacity of custom-made versus prefabricated commercially available zirconia abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:132-8.
20. Baldassarri M, Hjerpe J, Romeo D, Fickl S, Thompson VP, Stappert CF. Marginal accuracy of three implant-ceramic abutment configurations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:537-43.
21. Ribeiro IL, Campos F, Sousa RS, Alves ML, Rodrigues DM, Souza RO, Bottino MA. Marginal and internal discrepancies of zirconia copings: effects of milling system and finish line design. *Indian J Dent Res* 2015;26:15-20.
22. Alikhasi M, Monzavi A, Bassir SH, Naini RB, Khosronejad N, Keshavarz S. A comparison of precision of fit, rotational freedom, and torque loss with copy-milled zirconia and prefabricated titanium abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28:996-1002.
23. Gilbert AB, Yilmaz B, Seidt JD, McGlumphy EA, Clelland NL, Chien HH. Three-Dimensional Displacement of Nine Different Abutments for an Implant with an Internal Hexagon Platform. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015;30:781-8.
24. Hoyer SA, Stanford CM, Buranadham S, Fridrich T, Wagner J, Gratton D. Dynamic fatigue properties of the dental implant-abutment interface: joint opening in wide-diameter versus standard-diameter hex-type implants. *J Prosthet Dent* 2001;85:599-607.
25. Sui X, Wei H, Wang D, Han Y, Deng J, Wang Y, Wang J, Yang J. Experimental research on the relationship between fit accuracy and fracture resistance of zirconia abutments. *J Dent* 2014;42:1353-9.
26. Smith NA, Turkyilmaz I. Evaluation of the sealing capability of implants to titanium and zirconia abutments against *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, and *Fusobacterium nucleatum* under different screw torque values. *J Prosthet Dent* 2014;112:561-7.
27. Abdelhamed MI, Galley JD, Bailey MT, Johnston WM, Holloway J, McGlumphy E, Leblebicioglu B. A Comparison of Zirconia and Titanium Abutments for Microleakage. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015;17:e643-51.
28. Park SD, Lee Y, Kim YL, Yu SH, Bae JM, Cho HW. Microleakage of different sealing materials in access holes of internal connection implant systems. *J Prosthet Dent* 2012;108:173-80.
29. Kang DR, Shim JS, Moon HS, Lee KW. Marginal fidelity of zirconia core using MAD/MAM system. *J Korean Acad Prosthodont* 2010;48:1-7.
30. Lee JH, Kim DG, Park CJ, Cho LR. Axial displacements in external and internal implant-abutment connection. *Clin Oral Implants Res* 2014;25:e83-9.

내부육각 연결형 임플란트에서 지르코니아 지대주와 티타늄 지대주의 변연 및 내면 적합도의 비교

김영호 · 조혜원*

원광대학교 치과대학 치과보철학교실

목적: 본 연구의 목적은 내부육각 연결형 임플란트에서 두 가지 지르코니아 지대주와 티타늄 지대주의 변연 및 내면 적합도를 비교하고자 하였다.
재료 및 방법: 티타늄 지대주와 두 종류의 지르코니아 지대주를 내부육각연결 구조형 임플란트(TSV, Zimmer)에 체결하였다. 기성 티타늄 지대주(Hex-Lock, Zimmer)를 대조군으로 하여, 기성 지르코니아 지대주(ZirAce, Acucera)와 copy milling 시스템(Zirkonzahn Max, Zirkonzahn)으로 제작한 맞춤형 지르코니아 지대주를 비교하였다. 임플란트 고정체에 30 Ncm의 토크로 지대주를 연결하였으며, 각 실험군 당 8개의 시편을 제작하였다. 아크릴 레진에 포매하여 절단시편을 제작한 후 주사전자현미경으로 고정체-임플란트 계면에서 변연간극과 내부육각 내면간극을 측정하고, 지대주 나사와 지대주 나사받침 사이 계면에서 수직 및 수평간극을 측정했다. 측정치는 일원배치분산분석과 Scheffe test로 통계 처리하였다($\alpha=0.05$).

결과: 맞춤형 지르코니아 지대주의 변연 간극은 두 가지 기성 지대주에 비해 컸다. 내부육각 내면간극은 맞춤형 지르코니아 지대주와 기성 지르코니아 지대주 사이에 유의차를 보이지 않았고 기성 티타늄 지대주보다 컸다. 기성 지르코니아 지대주의 지대주 나사 수직간극과 수평간극은 기성 티타늄 지대주보다 컸다. 맞춤형 지르코니아 지대주의 경우, 지대주 나사 수평간극은 두 가지 기성 지대주보다 컸으며, 지대주 나사 수직간극을 측정할 수 없었다. 기성 지르코니아 지대주는 나사받침이 명확하게 형성되어 있었으나, 나사받침의 형태가 지대주 나사와 조화되지 않았다. 맞춤형 지르코니아 지대주의 경우에는 나사받침이 명확하게 형성되어 있지 않았다.

결론: 내부육각 연결형 임플란트에서 기성 티타늄 지대주가 두 종류의 지르코니아 지대주보다 적합도가 좋았다. 맞춤형 지르코니아 지대주는 두 가지 기성 지대주에 비해 변연간극이 크고 나사와 나사받침 사이의 적합도가 낮았다. (대한치과보철학회지 2016;54:93-102)

주요단어: 적합도; 내부연결형 임플란트; 지르코니아 지대주; 티타늄 지대주; 맞춤형 지르코니아 지대주

*교신저자: 조혜원

54538 전북 익산시 신용동 344-2 원광대학교 치과대학 치과보철학교실

063-859-2937; e-mail, hwcho@wku.ac.kr

원고접수일: 2016년 1월 21일 / 원고최종수정일: 2016년 3월 15일 / 원고채택일: 2016년 3월 21일

© 2016 대한치과보철학회

CC 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.