

4 종류의 다른 버로 형성된 지대치에서 제작한 지르코니아 코어의 변연 및 내면 적합도 평가

오상훈¹, 석홍병¹, 노형록², 지정희^{3,4}, 이민호⁴, 배태성^{4*}

전북대학교 대학원 치의학과¹, 전북대학교 대학원 치의과학과², 전북대학교 대학원 바이오나노시스템공학과³,
전북대학교 치의학전문대학원 치과생체재료학교실⁴

〈Abstract〉

Evaluation of Marginal and Internal Fitness of Zirconia Cores Fabricated on Abutments Prepared with Four Different Tip-designed Burs

Sang-Hoon Oh¹, Hong-Bing Shi¹, Hyeong-Rok Noh², Jeong-Hui Ji^{3,4}, Min-Ho Lee⁴, Tae-Sung Bae⁴

Department of Dentistry, Graduate School, Chonbuk National University, Jeonju, Republic of Korea¹,

Department of Dental Science, Graduate School, Chonbuk National University, Jeonju, Republic of Korea²,

Department of Bio-Nano System Engineering, Graduate School, Chonbuk National University, Jeonju, Republic of Korea³,

Department of Dental Biomaterials and Institute of Biodegradable material, School of Dentistry, Chonbuk National University, Jeonju, Republic of Korea⁴

Marginal shape of abutment is one of the factors to effect on the fitness of zirconia crown. The aim of this study was to help clinicians set up specific guidelines on preparation for CAD/CAM zirconia crown by evaluation of marginal and internal fitness of CAD/CAM zirconia core using abutment model reflecting tip design of diamond burs to be used in a dental clinic. 4 groups consisting of 10 specimens of abutment made of photo-polymerized resin(RC 31;EnvisionTEC;Germany) were fabricated with 3D printer(Ultra 2, EnvisionTEC, Germany). The margin shape of each group's abutment is designed to reflect 4 types of tip design of diamond burs(torpedo bur, deep chamfer bur, sloped shoulder bur, shoulder bur) to be used in a dental clinic. And then, zirconia cores for abutments of 4 groups were fabricated by same technician with same CAD/CAM system. 5 zirconia cores of each group were adapted on the abutment without cement, and 5 zirconia cores were cemented on abutment with ZPC. After embedding the specimens in resin, we observed marginal and internal fitness on the cross-section of the resin block by recording 200~500 fold magnification. When experiments without cement, the measured value of the gap in the margin, internal line angle and occlusal surface of torpedo group and deep chamfer group were smaller than sloped shoulder and shoulder group. All result of ZPC cemented groups showed larger values than non-cemented group, especially shoulder group. Torpedo and deep chamfer bur are clinically acceptable for CAD/CAM zirconia crown. However, sloped shoulder and shoulder bur showed relatively large gap in the finish line and occlusal surface, having large variations within the group.

Key words : Marginal fitness, Internal fitness, Zirconia core, Bur, CAD/CAM

* Correspondence: 배태성 (ORCID ID: 0000-0002-8307-4544)
Department of Dental Biomaterials and Institute of
Biodegradable material, School of Dentistry, Chonbuk National
University, Jeonju, Republic of Korea
Tel: +82-63-270-4041, Fax: +82-63-270-4040
E-mail: bts@jbnu.ac.kr

Received: Sep.7, 2016; Revised: Sep. 13, 2016; Accepted: Sep. 13, 2016

I. INTRODUCTION

지르코니아는 우수한 기계적 성질과 생체 친화성으로 최근
치과 수복 치료의 재료로서 많은 관심을 받고 있다. 또한

CAD/CAM(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) 가공방법이 도입되면서 보철물 제작과정이 단순하고 정확한 절차로 진행됨에 따라 그 사용이 증가하고 있는 추세이다. 이러한 이유로, 지르코니아 재료적인 연구 뿐만 아니라, 가공에 필요한 CAD/CAM 시스템에 대한 연구도 다각도로 이루어지고 있다(Welander 등, 2008; Rimondini 등, 2002; Scarano 등, 2004).

CAD/CAM 시스템은 주조 방식을 바탕으로 한 전통적인 보철 과정에 비해서, 주조수축과 같은 오차를 줄일 수 있으며, 또한 일관성 있는 결과를 얻기에도 유리하다. 그렇지만, CAD 작업시, 기공사의 cement space 설정값이나 지르코니아 블럭의 종류, 밀링 버, 소성로 내에서의 위치 등 많은 변수들이 지르코니아 크라운의 적합도에 영향을 줄 수 있다. 또한, 클리닉에서 치과의사의 치료과정도 마찬가지로 지르코니아 보철 치료의 안정성에 영향을 줄 수 있다. 양질의 지르코니아 보철 치료를 위해, 임상가가 해야하는 과정에 대하여 몇몇 연구자들에 의해서 부분적으로 연구 검토가 이루어졌지만 아직 부족함이 있다 (Bachhav와 Aras, 2011).

치과의사 입장에서 CAD/CAM 지르코니아 크라운의 적합성에 영향을 줄 수 있는 요소로는 지대치 축벽의 경사도, 주모형의 표면 거칠기, 합착재의 종류, 변연 형태와 위치 등이 크게 고려되어야 할 것들로 여겨지고 있다 (Bachhav와 Aras, 2011; Son 등, 2012).

본 연구는 이러한 고려 사항 중, 변연 형상이 적합성에 주는 영향을 평가하고자 하였다. 이를 위해서, 변연 형상이라는 변수를 제외한 나머지 요소들을 가능한 한 일정하게 제한할 필요가 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해, 본 연구에서는 CAD로 크라운 지대치 형성에 사용되는 다이아몬드 버의 tip design을 반영한 지대치 모형을 디자인한 다음 3D 프린터를 이용하여 광중합형 레진으로 지대치 모형을 제작하였다. 3D 프린터(Ultra 2, Envision TEC, Germany)는 최근 많은 관심을 받고 있는 기술 분야로서, CAD로 디자인된 어떠한 형상도 재현할 수 있으며, 여러가지 재료를 이용할 수 있다. 또한 동일한 디자인의 복제물을 단시간에 다수 제작할 수도 있다.

본 연구에서는 치과 클리닉에서 크라운의 지대치 형성에 주로 사용되고 있는 4가지 버의 tip design을 분석하여, 이를 실험에 사용할 지대치 변연 형상에 반영하였다. 이러한 실험

을 통하여 CAD/CAM 지르코니아 크라운의 적합성에 유리한 지대치 형성용 버를 조사해 봄으로써 임상에 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

II. MATERIALS AND METHODS

연구재료

1. 지대치 시험 시편의 디자인

1) 전체적인 지대치 형태

지대치의 디자인은 하악 제1대구치의 크기를 대상으로 하였다. 밀면은 가로 11.0 mm × 세로 9.0 mm 이고 모서리가 곡선처리된 직사각형으로 형성하였고, 높이는 5.0 mm, 축벽 경사는 12°, 변연 폭은 0.7 mm로 설정하였다(Fig. 1). 이러한 디자인은 CAD(AutoCAD, Auto Desk, USA)를 통하여 이루어졌다.

2) 변연 형상

임상에서 크라운 지대치 형성에 주로 사용되는 네가지 버의 tip design을 반영하여, CAD로 디자인하였다(Fig. 2, 3).

2. 지대치 제작

3D 프린터(Ultra 2, EnvisionTEC, Germany)를 사용하여, 광중합형 레진(RC 31, EnvisionTEC, Germany)으로 제작하였다. 각 버에 해당하는 4개 군의 지대치 모형을 제작하였으며, 각군 공히 10개씩 총 40개의 지대치 모형을 제작하였다.

3. 지르코니아 코어 제작

지대치 제작 후 scanning powder 살포 없이 데스크탑 스캐너(Identica SE, Medit, Korea)로 스캔을 하였다. 오차를 줄이기 위해서 동일한 기공사가 ExoCAD system으로 디자인을 하였고, 일상적인 보철과정과 같은 cement space(0.04 mm)를 부여하였다. 이렇게 얻어진 지대치 데이터를 활용하여 5축 가공 CAM machine(Coritec 450i, Imes-icore, Germany)으로 지르코니아 블럭(Acucera, Acucera, INC., Korea)을 밀링하여

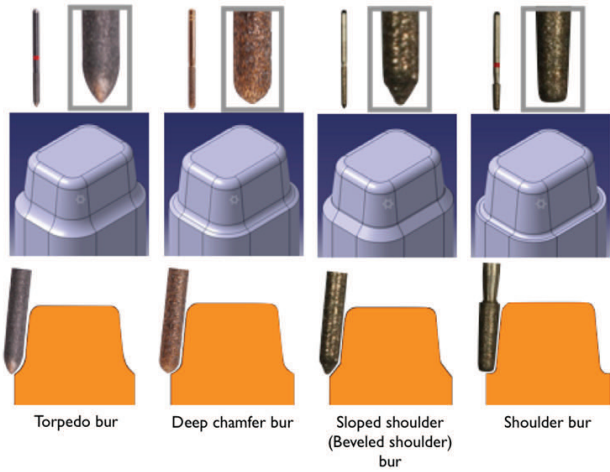


Figure 2. 3D CAD design of abutment and cross-section image according to 4-type burs.

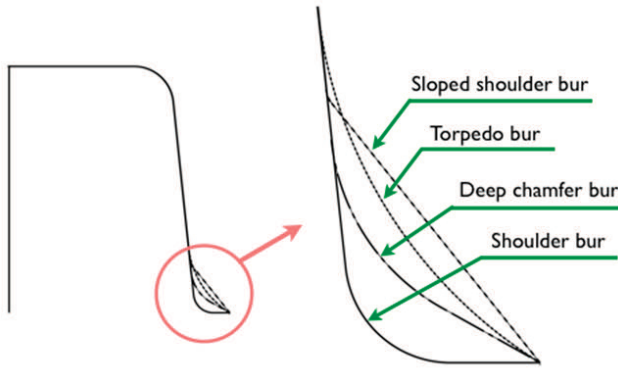


Figure 3. Comparison between margins of 4 groups.



Figure 4. Standard weight device.

코어를 제작하였다. 밀링한 상태의 코어들은 소성로(P1, Wieland, Germany)에서 매뉴얼에 따라 소성하였다. 코어 디자인은 제작의 편의를 위하여 코어 프로그램으로 디자인 되었으며, 두께는 0.7 mm로 형성하였다.

4. 지르코니아 코어의 합착

각 군 공히 10개의 코어 중, 5개는 시멘트 없이 지대치에 적합하고서, 양측 변연에 sticky wax로 고정하였고, 나머지 5개는 ZPC로 합착하였다. ZPC 합착시는 코어에 시멘트를 채우고 연구자의 수기로 초기 압박을 가하였고, 이어서 즉시 정하중장치를 이용하여 50 N의 하중(Sannino 등, 2009)을 가한 상태에서 20분간 유지하였다(Fig. 4).

5. 적합도 시험 시편의 제작

1) 레진 블럭 제작

각각의 준비한 시험 시편들을 금속 몰드에 고정 후 교정용 아크릴 레진(Ortho-Jet, Lang Dental Manufacturing Co, Inc, IL, USA)으로 포매하여 블록으로 제작하였다.

2) 레진 블럭의 절단

각각의 레진블럭은 저속 다이아몬드 절단기에 고정하고서 코어의 중심부를 지나도록 절단하였다. 이어서 계면의 관찰이 용이하도록 SiC 연마지 #1200단계까지 순차적인 연마를 하였다(Fig. 5).

3) 시편의 분류

Group TN - torpedo bur & non-cemented

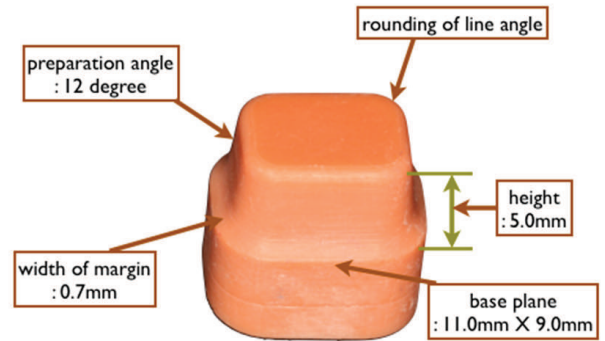


Figure 1. Design of abutment.

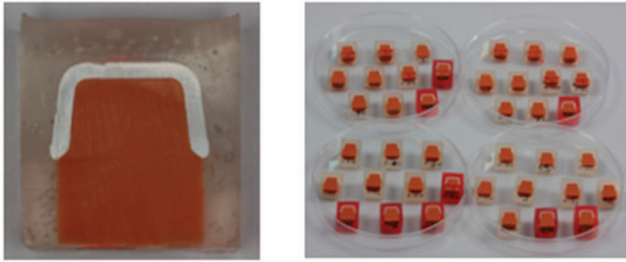


Figure 5. Cross-section of resin blocks.

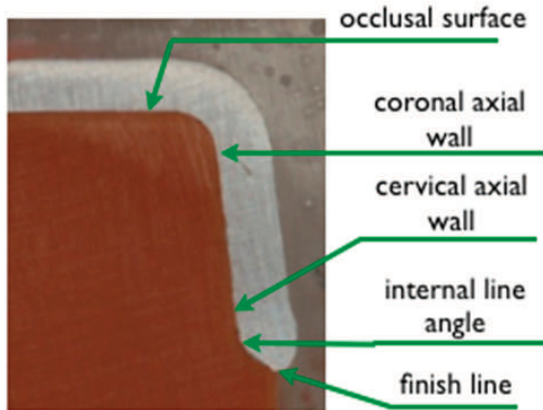


Figure 6. Measuring point of specimen.

- Group TZ - torpedo bur & ZPC cemented
- Group DN - deep chamfer bur & non-cemented
- Group DZ - deep chamfer bur & ZPC cemented
- Group BN - sloped shoulder bur(beveled shoulder bur) & non-cemented
- Group BZ - sloped shoulder bur(beveled shoulder bur) & ZPC cemented
- Group SN - shoulder bur & non-cemented
- Group SZ - shoulder bur & ZPC cemented

6. 계면관찰 및 측정

지대치와 지르코니아 코어의 간격 정도에 따라서 측정용 현미경(DM 2500m ; Leica microsystems, Germany)을 사용하여 500배 확대 촬영하였으며, 좌,우측 공히 5부위(Fig. 6)씩 총 10부위의 간격을 측정하였다.

측정에 앞서, sloped shoulder group중 6개 크라운과 shoulder group중 9개의 크라운에서 적합도 측정이 의미가

없을 수준의 큰 변연부 오차가 발생하였다. 이러한 원인은 내면에서 걸리는 곳으로 인해, full seating이 이루어지지 않은 것에서 기인하였다. 이에 해당 크라운들은 기공사의 통상적인 내면 수정을 통하여 지대치에 full seating이 되도록 한 후 일련의 측정을 시행하였다.

III. RESULTS

절단면의 관찰은 지대치와 크라운의 간격에 따라 500배율로 cement space 확대 촬영하여 간격을 측정하였다(Fig. 7).

각 시편의 측정 결과 값은 측정부위에 따라 Fig. 8~12에 나타냈고, 변연형상과 ZPC 합착 전후의 차이를 one-way ANOVA에 의해 분석하였다.

각각의 지르코니아 코어를 지대치 모형에 적합해 보았을 때 sloped shoulder bur에 상응하는 지대치의 크라운은 10개 중 6개가 full seating이 이루어지지 않았고, shoulder bur에 상응하는 지대치의 크라운은 9개가 full seating이 이루어지지 않아서 기공사에 의해 통상적인 방식으로 크라운 내면의 수정 후 적합도를 조사하였다. 각 시험군의 finish line에서의 간격을 비교해 보았을 때, torpedo 와 deep chamfer그룹이 다른 두 그룹들에 비해서 변연 적합성이 우수하게 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). ZPC로 합착한 그룹에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만 shoulder 그룹은 평균값이 임상적인 허용치를 위협할 정도로 높았으며, 그룹 내 편차 또한 매우 높게 나타났다.

Internal line angle에서는 torpedo 와 deep chamfer그룹이 다른 두 그룹들에 비해서 적합성이 우수하게 나타나며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 그렇지만 ZPC로 합착한 이후에는 torpedo 그룹만이 나머지 군들에 비해 통계학적으로 유의하게 낮은 값을 보였고, shoulder 그룹에서는 매우 높은 값을 나타냈다.

Axial wall에서는 모든 시험군에서 유의한 차이를 보이지 않았고, ZPC로 합착한 이후에는 DZ 그룹만이 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

Occlusal surface에서는 torpedo그룹과 deep chamfer 그룹이 나머지 두 그룹에 비해서 유의하게 낮은 값을 보였고

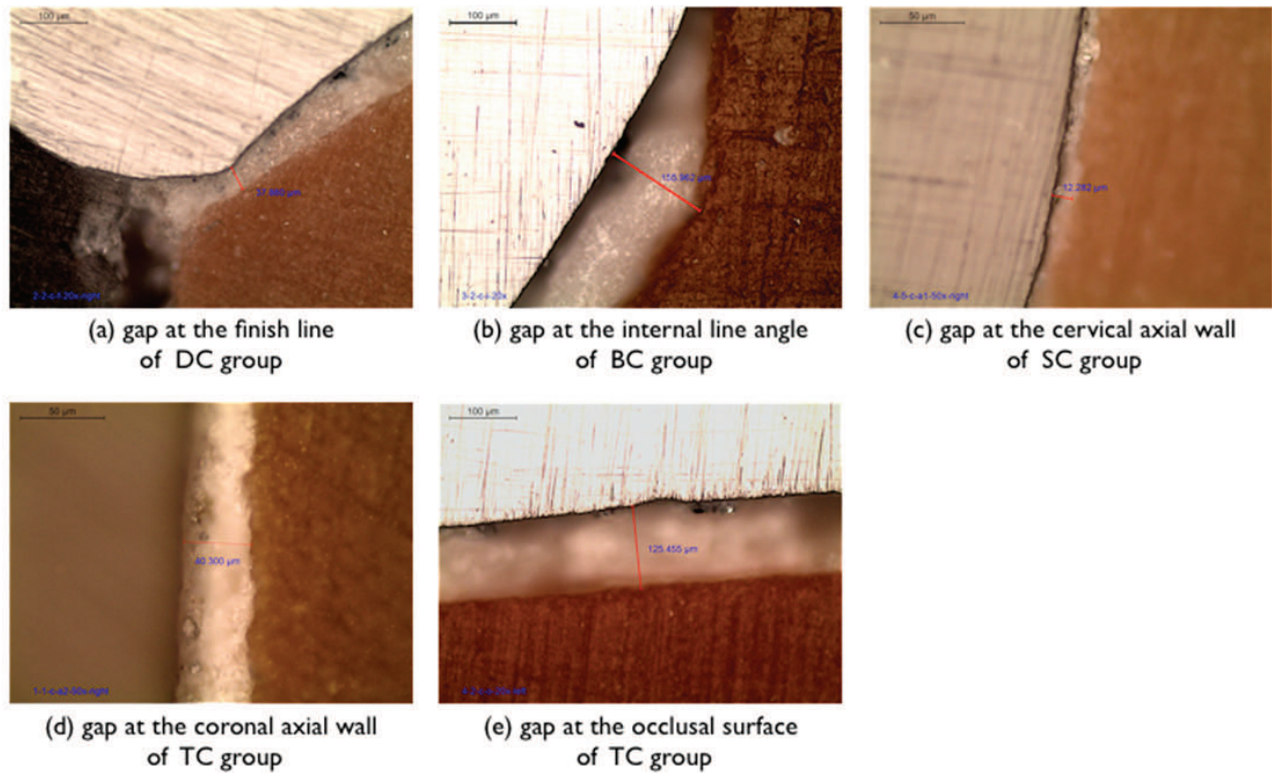


Figure 7. Samples of macrophotography of measured points.

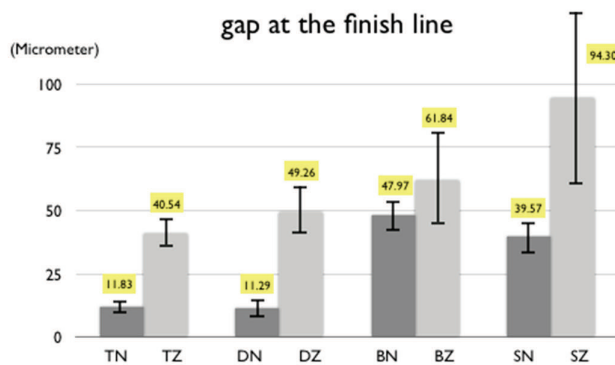


Figure 8. The mean value of the gap at the finish line.

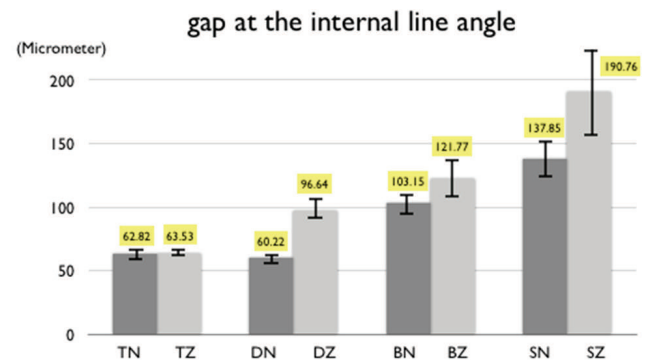


Figure 9. The mean value of the gap at the internal line angle.

($p < 0.05$), ZPC로 합착한 이후에는 torpedo그룹이 shoulder 그룹과 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

IV. DISCUSSION

CAD/CAM의 하드웨어적인 요소는 공학적인 분야에서 이

미 충분한 발전이 이루어져 왔기에, 치과 CAD/CAM분야는 소프트웨어와 시스템의 개발에 맞추어서 그 발전 속도가 빠르게 변화하고 있다(Poticny와 Klim, 2010). 치과 CAD/CAM 시대의 초기에는 임상에서 적용하기에 부족한 정도의 적합도를 나타내었지만, 시스템과 재료의 발전에 힘입어 임상 결과 역시 많은 변화와 개선이 이루어져 왔으며, 최근의 수준은 임상적으로 충분히 받아들여질 수 있는 정도에 도달하였다

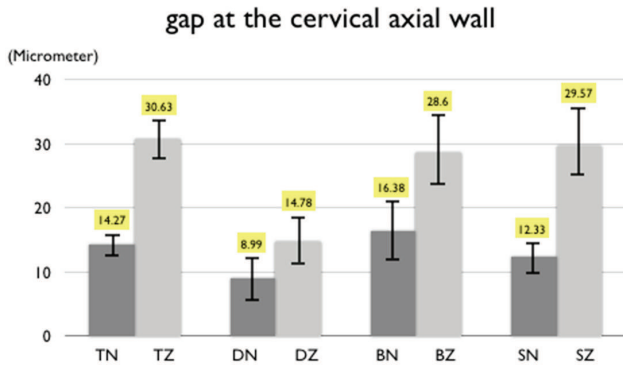


Figure 10. The mean value of the gap at the cervical axial wall.

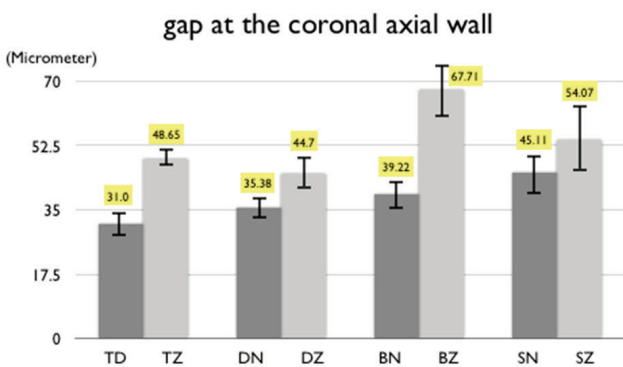


Figure 11. The mean value of the gap at the coronal axial wall.

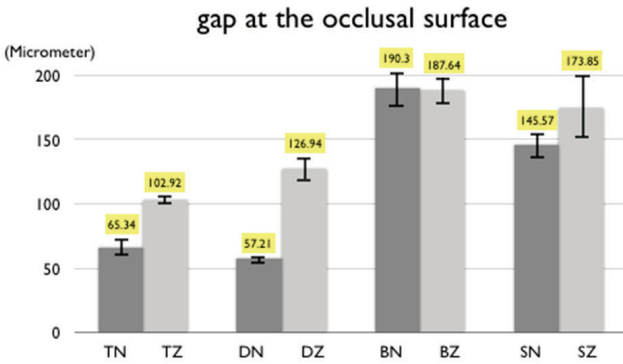


Figure 12. The mean value of the gap at the occlusal surface.

(Moldovan 등, 2011). 이러한 상황에서 임상적인 안정성에 보다 많은 기여를 하기 위해서는 CAD/CAM 을 활용하는 임상가의 이해와 숙련도가 요구된다. CAD/CAM 보철과정 중 치과의사가 해야 하는 작업은 전통적인 보철과정과 크게 다르지 않다. CAD/CAM 지르코니아 보철물의 안정성에 영향을 주는

요소 중 치과의사와 크게 관계되는 요소는 지대치형성이다. Beuer등(2009)은 지대치의 preparation angle이 12 ̊에서 적합도가 우수하게 나타났다고 하였다. 또한 표면조도 역시 스캐닝에 영향을 줄 수 있다. Hung 등(1990)과 Weaver 등(1991)은 세라믹 수복물에서 각각 50 ~ 75 μm 와 70 μm 의 변연부 간격을 임상적 허용치로 제시하였으나, 일반적으로는 100~150 μm 로 받아들여지고 있다. 지르코니아 크라운의 변연부 간격에 대한 연구는 보다 적은데, Anunmana등이 받아들여질 수 있는 지르코니아 크라운의 변연부 간격으로 120 μm 를 제시하였다. Pera등(1994)은 변연 형태가 적합도에 미치는 영향에 대한 연구에서 chamfer, 50 ̊ shoulder, 90 ̊ shoulder margin을 가진 지대치에 제작한 지르코니아 크라운의 적합도가 모두 50 μm 이하의 변연적합도를 보였으나, 90 ̊ shoulder의 변연적합도가 다소 떨어진다고 하였다. 그 외에도 변연 형태와 적합도의 관계에 대한 연구는 있었으나(Martinez-Rus 등, 2012; Komine 등, 2007; Euan 등, 2012), 대부분의 연구가 chamfer와 shoulder 형태를 임의로 재현한 실험들이어서, 사용된 시편의 변연 형태는 실제 임상에서 이루어지고 있는 변연 형태와의 연계성이 떨어진다고 볼 수 있다.

변연의 형태는 일반적으로 크라운 지대치 형성에 사용되는 버의 tip design에 따라 결정된다. 이에, 본 연구에서는 실험의 변수인 지대치의 변연 형태를 임상에서 실제로 사용되고 있는 4가지 대표적인 버의 형상을 기반으로 하여 CAD를 이용하여 디자인하였다. 또한 변수인 변연 형태를 제외한 나머지 요소들을 제한하기 위해서 3D 프린터를 이용하여 광중합 레진으로 지대치를 제작하였다. 이렇게 해서 제작된 지대치는 데스크탑 스캐너로 파우더 분사 없이 스캐닝하였으며, 평상시 가공작업에 준하여 캐드캠 지르코니아 크라운을 제작하였다.

각각의 지르코니아 코어를 지대치 모형에 적합해 보았을 때 sloped shoulder bur에 상응하는 지대치의 크라운은 10개 중 6개가 full seating이 이루어지지 않았고, shoulder bur에 상응하는 지대치의 크라운은 9개가 full seating이 이루어지지 않았다. 이 상태에서는 실험의 진행이 의미가 없다고 판단되어 해당 크라운은 가공사의 통상적인 크라운 내면 수정 절차에 따라서 조정을 한 후 재적합시켰다. 정확한 원인은 알 수 없었지만, 지대치 제작 시 다른 요소들을 제한한 상태에서 디자인된 점을 고려해볼 때, sloped shoulder margin과 shoulder

margin이 통상적인 스캐닝에 취약한 부분이 있음을 유추할 수 있었다. 가공사의 수작업으로 내면수정을 거친 크라운은 내면수정을 거치지 않은 크라운에 비해서 일관성 있는 결과의 산출에서 상대적으로 불리하리라 생각된다.

그룹별 finish line에서의 간극을 비교해 보았을 때, torpedo 그룹과 deep chamfer이 다른 두 그룹보다 변연 적합성이 우수하게 나타났다. ZPC로 합착한 그룹에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만 shoulder 그룹은 평균값이 임상적인 허용치를 위협할 정도로 높았으며, 그룹 내 편차 또한 매우 높게 나타났다.

Internal line angle에서의 간극은 finish line에서의 간극과 함께 변연부의 cement wash-out을 야기할 수 있는 중요한 부분이다. torpedo 그룹과 deep chamfer 그룹에서는 임상적인 허용치 이내를 보였으나, sloped shoulder와 shoulder 그룹에서는 유의한 차이를 보이며 큰 간극을 나타내었다. 이는 sloped shoulder와 같이 꼭면처리가 되지 않은 상태는 내부선 각이 스캐닝이나 CAM 밀링 작업에 불리하다는 것을 의미한다. 특히, shoulder 그룹의 지르코니아 크라운의 절단면은 internal line angle 부위에서 지대치에서와 같은 butt joint 형태가 전혀 나타나지 않은 채 finish line에서만 적합이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

Axial wall에서 측정된 두 부위의 측정값은 CAD 디자인 시, 가공사가 설정한 값이 반영되어 있었다. 시멘트를 사용하지 않은 경우에는 모든 그룹에서 유의한 차이를 보이지 않았지만, 시멘트 사용한 치경부 측벽 관찰에서는 DZ 그룹이 유의한 차이를 나타냈다. 하지만 내부수정 과정이 주로 측벽에서 이루어졌음을 고려할 때, 이러한 차이가 적합성을 판단하는 근거로는 부족할 것으로 생각된다.

Occlusal surface에서의 간극은 torpedo 그룹과 deep chamfer 그룹에서는 유의하게 낮은 값을 보여 양호하게 나타났으나, 나머지 두 그룹에서는 유의한 차이를 보이며 큰 평균값을 나타내었다.

본 연구에서 실험에 사용된 지대치는 CAD를 이용하여, 실제 사용되고 있는 버의 tip design을 반영하여 디자인 되었으며, 3D 프린터라는 장비를 이용하여 동일한 다수의 지대치 시편을 저비용으로 쉽게 제작할 수 있었다. 또한 이 작업 과정에서는 연구자가 전 과정을 참여하여, 제한요소의 제어가 충

분히 이루어졌다고 평가할 수 있었다.

지르코니아 크라운의 제작시에는 CAD과정에서 일반 치과 의사가 알지 못하는 여러 설정값이 존재하며, CAM과정에서도 블럭의 상태, 밀링 버의 상태, 또 소성로 상태 등 여러가지 변수들이 있다(Touchstone 등, 2010). 이번 연구에 사용된 지르코니아 크라운은 모두 같은 시기에 제작된 것으로 이러한 변수들이 가공사의 경험이나 일상적인 관례대로 처리되었다. 본 연구에서 sloped shoulder bur와 shoulder bur 제작된 크라운에서 적합도가 떨어진 것은 연구자와 가공사 사이의 조율이 충분하지 못한 상태에서 지르코니아 크라운이 제작되었기 때문이라고 생각된다. 특히 완성 후 가공사에 의한 수정이 가해지는 경우, 예기치 못한 변수나 오차가 발생할 가능성이 있으며, 결과적으로 일관성이 떨어지는 임상결과를 야기할 수 있으므로, 크라운의 적합도에 관한 부분에서는 가능한 사람에게 의한 수정이 가해지지 않도록 임상 지침을 만들 필요가 있다고 생각된다.

그러기 위해서는 CAD 작업 중의 각 과정에서의 설정값이 지르코니아 크라운의 적합도에 미치는 영향에 대한 평가가 요구되며, 실제 임상에서 만들어지는 변연 형태에 따른 파절 강도에 대한 연구도 더불어 이루어질 필요가 있다고 생각된다. 또한 이러한 연구는 치과의사 뿐 아니라, 함께 작업하는 치과 가공사와 함께 이루어지고 공유되어야 하겠다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 CAD/CAM 지르코니아 크라운의 지대치 형성시, 변연의 형태와 관련하여 아래와 같은 결론을 내릴 수 있었다. torpedo bur와 deep chamfer bur를 이용한 변연 형성이 sloped shoulder bur와 shoulder bur를 사용한 경우보다 변연 및 내면 적합성이 우수했다. ZPC 시멘트 합착시, shoulder bur로 형성된 지대치에서 제작된 크라운의 변연 적합성이 가장 불량하였으며, 그 편차 역시 가장 크게 나타났다.

VI. REFERENCES

- Bachhav VC, Aras MA (2011). Zirconia-based fixed partial dentures: A clinical review. *Quintessence Int* 42:173-182
- Beuer F, Aggstaller H, Richter J, Edelhoff D, Gernet W (2009). Influence of preparation angle on marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated zirconia crown copings. *Quintessence Int* 40:243-250.
- Euan R, Figueras-Alvarez O, Cabratosa-Termes J, Brufau-de Barbera M, Gomes-Azevedo S (2012). Comparison of the marginal adaptation of zirconium dioxide crowns in preparations with two different finish lines. *J Prosthodont* 21:291-295.
- Hung SH, Hung KS, Eick JD, Chappell RP (1990). Marginal fit of porcelain-fused-to-metal and two types of ceramic crown. *J Prosthet Dent*. 63:26-31.
- Komine F, Iwai T, Kobayashi K, Matsumura H (2007). Marginal and internal adaptation of zirconium dioxide ceramic copings and crowns with different finish line designs. *Dent Mater J* 26:659-664.
- Martinez-Rus F, Soares MJ, Rivera B, Pradies G (2012). Influence of CAD/CAM systems and cement selection on marginal discrepancy of zirconia-based ceramic crowns. *Am J Dent* 25:67-72.
- Moldovan O, Luthardt RG, Corcodel N, Rudolph H (2011). Three-dimensional fit of CAD/CAM made zirconia copings. *Dent Mater* 27:1273-1278.
- Pera P, Bassi F, Carossa S (1994). In vitro marginal adaptation of alumina porcelain ceramic crown. *J Prosthet Dent* 72:585-590.
- Poticny DJ, Klim J (2010). CAD/CAM in-office technology: innovations after 25 years for predictable, esthetic outcomes. *J Am Dent Assoc* 141:5S-9S.
- Rimondini L, Cerroni L, Carrassi A, Torricelli P (2002). Bacterial colonization of zirconia ceramic surfaces: an in vitro and vivo study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 17:793-798.
- Sannino G, Gloria F, Schiavetti R, Ottria L, Barlattani A (2009). Dental Wings CAD/CAM system precision: an internal and marginal fit experimental analysis. *Oral Implantol* 2:11-20.
- Scarano A, Piattelli M, Caputi S, Favero GA, Piattelli A (2004). Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: an in vivo human study. *J Periodontol* 75:292-296.
- Son YH, Han CH, Kim S (2012). Influence of internal-gap width and cement type on the retentive force of zirconia copings in pullout testing. *J Dent* 40:866-872.
- Touchstone A, Nieting T, Ulmer N (2010). Digital transition: the collaboration between dentists and laboratory technicians on CAD/CAM restorations. *J Am Dent Assoc* 141:15S-19S.
- Weaver JD, Johnson GH, Bales DJ (1991). Marginal adaptation of castable ceramic crowns. *J Prosthet Dent*. 66:747-753
- Welander M, Abrahamsson I, Berglundh T (2008). The mucosal barrier at implant abutments of different materials. *Clin Oral Implants Res* 19:635-641.