creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000276169

2014년 8월

박사학위 논문

CAD · CAM 기술을 이용하여 제작한 금속 코핑의 변연 및 내면 적합성 비교

조선대학교 대학원

치 의 학 과

전 진 용

2014년 8월 박사학위논문 CAD · CAM 기술을 이용하여 제작한 금속 코핑의 변연 및 내면 적합성 비교 전 진 용

CAD · CAM 기술을 이용하여 제작한 금속 코핑의 변연 및 내면 적합성 비교

Marginal and Internal Fit of Metal Copings Fabricated with Dental CAD · CAM Technologies

2014년 8월 25일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

전 진 용

Collection @ chosun

CAD · CAM 기술을 이용하여 제작한 금속 코핑의 변연 및 내면 적합성 비교

지도교수 손 미 경

이 논문을 치의학 박사학위신청 논문으로 제출함

2014년 4월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

전 진 용

dCollection @ chosun

전진용의 박사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 정 재 헌 (인)

위 원 조선대학교 교수 강 동 완 (인)

위 원 조선대학교 교수 최 한 철 (인)

위 원 조선대학교 교수 손 미 경 (인)

위 원 전남대학교 교수 임 현 필 (인)

2014년 5월

조선대학교 대학원

dCollection @ chosun

목 차

표 목 차 ····· ii

도 목 차 ····· iii

영문초록 ····· iv

Ⅰ. 서 론 ····· 1

Ⅱ. 연구 재료 및 방법 ····· 4

Ⅲ. 연구 결과 ····· 10

Ⅳ. 총괄 및 고찰 ····· 16

Ⅴ. 결 론 ····· 21

참고문헌 ····· 23

dCollection @ chosun

표 목 차

Table 1. Mean (SD) gap for different measurement direction (BL & MD), points, and fabrication methods (㎛) ····· 10

Table 2. Mean (SD) marginal gap (MG) of metal coping fabricated by four fabrication methods (㎛) ····· 12

Table 3. Mean (SD) internal gap at the chamfer area (CA) of metal coping fabricated by four fabrication methods (㎛) ····· 13

Table 4. Mean (SD) internal gap at the axial Wall (AW) of metal coping fabricated by four fabrication methods (㎛)····· 14

Table 5. Mean (SD) occlusal gap (OG) of metal coping fabricated by four fabrication methods (㎛) ·····14

Table 6. Mean (SD) gap width according to each measurement area (㎛) ····· 15

dCollection @ chosun

도 목 차

Fig. 1. Scanned images of prepared artificial tooth ·····4

Fig. 2. Fabricated metal dies ····· 4

Fig. 3. Modelling of metal coping ····· 5

Fig. 4. Metal die and Metal copings produced by four fabrication methods ·····7

Fig. 5. Cross-sectional micro CT images through the center of the die (x-axis), in the buccolingual(A) and Mesiodistal (B) directions. ·····8

Fig. 6. Schematic presentation of nine measuring Points ·····9

Fig. 7. Mean (SD) gap of all measurement points depending on four fabrication methods ····· 11

Fig. 8. Mean gap width at each measurement area ····· 15

dCollection @ chosun

ABSTRACT

Marginal and Internal Fit of Metal Copings Fabricated with Dental CAD·CAM Technologies

Jeon Jin Yong D.D.S.M.S.D
Advisor : Prof. Son, Mee-Kyoung D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Dentistry
Graduate School of Chosun University

Purpose: The purpose of this in vitro study was to evaluate the marginal and internal adaptation of metal coping fabricated by four different CAD/CAM technologies.

Methods: Mandibular right first molar was designed as the abutment in Dentiform model. The prepared artificial tooth was scanned and STL file were sent to the CAD.CAM centers to make metal die. After fabrication of metal die, die was scanned and metal coping was designed on the CAD software. STL file of designed coping image was sent to each laboratory to make different types metal coping. Four different techniques were used to fabricate the metal copings: Group MW (n=15): Milled wax and lost-wax casting process, Group RP (n=15): Resin RP and lost-wax casting process, Group MC (n=15): Milled Co-Cr block, Group DLMS (n=15): Direct laser metal sintering of Co-Cr powder. Fabricated copings were setting with temporary cement on the metal die. To measure the marginal and internal gap, Micro CT was taken and data was precess

dCollection @ chosun

with the reconstruction software. Each nine points from midsection image of buccolingual direction and mesiodistal direction were measured using AutoCAD software. Mean and standard deviation of each measurement points were analyzed.

Results: In mean cement film thickness, Group MW showed smallest value and Group DLMS showed largest value. In marginal gap, Group MW showed smaller gap than other groups. In chamfer area, Group MW showed smaller gap and Group DLMS showed largest gap. In axial wall,there were no significant different between groups. Occlusal gap showed larger values than other measuring areas. Group MW showed significantly smaller gap than Group DLMS.

Conclusions: Metal copings which are fabricated by four different CAD/CAM technologies showed clinically acceptable marginal and internal fit. Therefore, those fabrication method can be used effectively for the metal cap fabrication of porcelain fused metal crown with several advantages. However, calibration and standardization of the scanner and manufacturing machine are needed for the more precise prostheses which have small deviation.

Keywords: marginal fit, internal fit, metal coping, CAD/CAM, Micro CT

dCollection @ chosun

Ⅰ. 서 론

금속 도재관은 1956년 Brecker에 의해 개발된 이후[1], 우수한 심미성과 구강내 기능에 견딜 수 있는 적절한 강도를 갖는 장점으로 인해 현재까지도 고정성 보철물 제작에 광범위하게 사용되고 있다.[2] 금속 도재관은 내부의 금속 코핑과 그 상부에 축성되는 도재로 구성된다. 금속 도재관 내부의 금속 코핑은 보철물의 강도를 제공하고 지대치에 맞게 제작됨으로써 보철물의 적합성에 영향을 준다.

금속 코핑은 납형제작과 주조를 통한 전통적인 방식으로 주로 제작되어 왔다.[3] 이러한 전통적인 제작 방법은 여러 단계의 기공과정을 거치고 모든 기공과정이 수작업을 통해 이루어짐으로써 오랜 작업시간과 술자에 따른 민감성, 그리고 기공과정 중 다양한 요인에 의한 오차가 발생될 수 있는 문제점들이 보고되어 왔다.

최근에는 이러한 전통적인 제작방법의 단점을 극복하고 더욱 효율적이며 규격화된 보철물 제작을 위해 치과용 CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)시스템을 활용한 방법이 개발되었다. 이는 다양한 보철물의 기공제작 과정이 지대치의 스캔과 컴퓨터를 이용한 보철물의 설계, 그리고 가공과정을 거쳐 이루어짐으로서 제작시간 및 비용을 절감할 수 있고 표준화된 보철물의 제작이 가능하며 저장된 데이터를 이용해 보철물의 재제작이 가능하다.[4-6] 이러한 치과용 CAD/CAM을 이용한 보철제작 방법은 금속 코핑 제작에도 활용되고 있다. 금속 코핑 제작에 사용되는 방식은 지대치를 스캔한 후 CAD 소프트웨어에서 코핑을 디자인하고 저장된 데이터를 밀링기나 3D 프린터 (3 Dimensional Printer)로 송출하여 보철물을 제작하는데 밀링기를 이용한 가공방법으로는 왁스 블럭을 밀링하여 왁스 코핑을 제작한 후 이를 주조하여 금속 코핑을 제작하는 방법과 금속 블록을 직접 절삭하여 주조 과정 없이 금속 코핑을 제작하는 방법이 있으며 레이저 프린팅 기기를 이용한 방법으로는 레진 코핑을 제작한 후 주조하여 금속 코핑을 제작하는 방법과 금속파우더를 적층 충전하고 레이저를 직접 조사하여 소결시켜 금속 코핑을 제작하는 방법이 주로 사용되고 있다.[7]

이러한 여러 가지 제작방법을 이용해 제작된 금속도재관이 구강 내에서 안

dCollection @ chosun

정적으로 사용되기 위해서는 금속 코핑의 적합성이 매우 중요하다. 보철물의 제작과정 중의 다양한 요인들은 지대치와 보철물 사이의 간극 (gap)을 야기하며[8,9] 이러한 간극은 변연 간극 (marginal gap)과 내면 간극 (internal gap)으로 설명할 수 있다. 변연 간극은 지대치의 마진 경계와 보철물의 가장자리(edge) 사이의 양적인 수치의 공간이나 차이로 정의되며 내면 간극은 치아와 보철물의 내면 사이의 차이로 정의된다.[10] 큰 변연 간극으로 인한 부적절한 변연 적합은 치태 침착, 치주조직의 파괴, 이차우식, 지각과민 등을 야기하고[7,9,11-18] 결국 보철물의 수명을 감소시키므로 수복물의 변연은 정확히 적합되어야 한다.[19,20] 내면 적합성 또한 보철물의 수명에 중요하다. 내면 간극이 크면 시멘트가 더 두껍게 들어가게 되므로 보철물의 파절 강도를 감소시킨다고 보고되고 있다.[21,22] 따라서, 내면 적합은 보철물의 유지와 지지, 저항을 고려하여 일정해야 하고 시멘트를 위한 공간을 제공하기에 적절해야 한다.[23,24]

보철물의 적합도를 측정하는 다양한 방법들 중 광학 또는 주사전자현미경으로 시편을 직접 관찰하는 방법[25,26], 고무 인상재를 이용한 Replica technique[6,27], Micro CT (Computed tomography)를 이용한 방법[28] 등은 변연과 내면 간극을 측정할 수 있는 방법으로 주로 사용되고 있다. 이 중 광학 및 주사전자현미경을 이용한 방법은 반복측정이 가능하고 측정수를 증가시킬 수 있는 장점이 있는 반면 내면 간극을 보기위해서는 시편을 절단해야 하며 이 과정에서 시편의 변형 가능성이 있다.[29] 코핑과 작업 모형 사이의 간극에 고무인상재를 위치시킨 후 간극에 따라 형성된 인상재의 두께를 현미경을 이용해 측정하는 Replica technique은 간편하고 비파괴적인 방법으로 신뢰할 수 있고 유용한 방법으로 많은 연구에서 사용되고 있다.[6,27,30-32] 하지만, 두께가 얇은 변연 부분은 측정이 불가하거나 측정 오차가 발생될 수 있으며 2차원 평면으로 관찰하는 방법으로 측정수가 제한적이라는 단점이 있다.[3,33] 이에 반하여, Micro CT는 비파괴적인 방법이고 마이크로미터 단위내의 변연 및 내면 간극을 2D와 3D로 측정이 가능하며 다양한 부위의 절단 영상을 얻을 수 있어 여러 부위를 측정할 수 있는 장점이 있다. 또한 모든 시편에 대해 단층촬영수가 규격화됨으로써 시편의 협설 및 근원심 중앙에 해당되는 동일한 번호의 단층 영상에서 측정이 가능함으로 신뢰할 수 있는 방법으로 알려져 있지만 아직 이를 이용한 연구는 매우 제한적이다.[28,34,35]

dCollection @ chosun

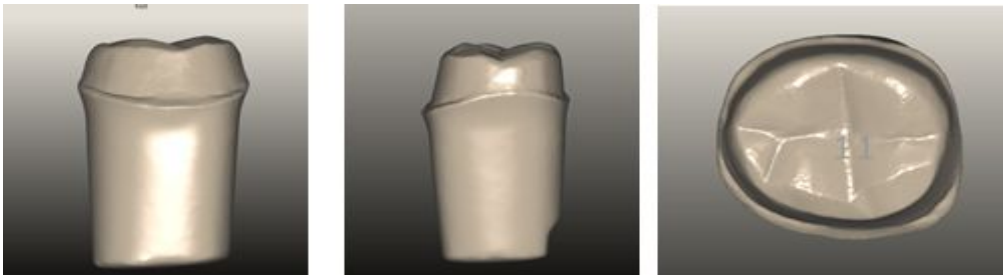
최근, 금속 코핑 제작을 위한 기공과정의 일부 또는 전 과정이 CAD/CAM 기술을 활용하여 제작되고 임상에 적용되고 있지만 실제 CAD/CAM 기술을 이용해 제작된 금속 코핑의 적합도에 대한 연구는 매우 제한적이다. 따라서, 본 연구는 네 가지 CAD/CAM 제작 기술을 이용하여 금속 코핑을 제작하고 다이와 코핑 간의 변연 및 내면 적합도를 Micro-CT를 이용하여 분석함으로서 각각의 제작방법들의 임상적 유용성을 평가하고자 하였다.

dCollection @ chosun

Ⅱ. 연구 재료 및 방법

1. 금속 다이 제작 (Fabrication of Metal Die)

금속도재관의 지대치 형성 방법에 따라, 악형 모형 (Dentiform)의 하악 우측 제 1대구치를 교합면 기능교두 2 mm, 비기능 교두 1.5 mm, 협설과 인접면은 1.2 mm, 축면경사는 6° 를 갖도록 삭제하였다. 마진의 폭과 형태는 협면은 1.2 mm deep chamfer로, 설면은 0.5 mm chamfer로 삭제하였고 모든 우각은 날카로운 부분이 없도록 하였다. 삭제된 치아모형을 3차원 광학 스캐너 (S600, Zirkonzahn, Italy)를 이용해 스캔한 후 이를 STL (Stereolithography) 파일로 저장하고 (Fig. 1), 밀링센터로 전송하여 5축 밀링기기 (RXD5, Röders GmbH, Germany)로 15개의 코발트 크롬 금속 다이를 제작하였다 (Fig. 2).



(A) (B) (C)

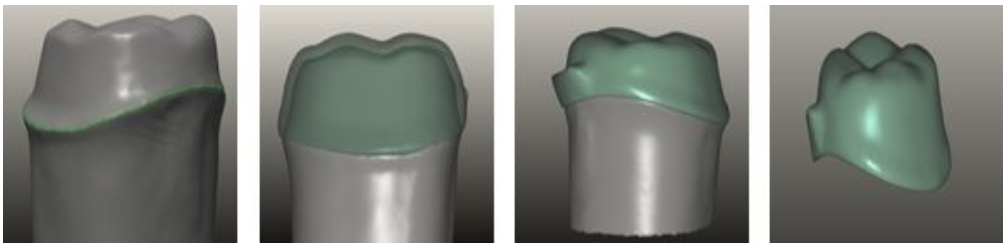
Fig. 1. Scanned images of prepared artificial tooth (A) Buccal view, (B) Mesial view, (C) Occlusal view.

Fig. 2. Fabricated metal dies.

dCollection @ chosun

2. 금속 코핑의 제작 (Fabrication of Metal Copings)

제작된 15개의 금속 다이를 광학 스캐너 (S600, Zirkonzahn, Italy)로 각각 스캔하여 삭제된 지대치의 이미지를 획득하였다. 이때 금속의 빛 반사를 줄이기 위하여 탄산칼슘과 이산화 티타늄을 함유한 스프레이 (Labotech Inc,Korea)를 금속다이에 뿌려 스캔하였다. 스캔된 금속 다이의 형태를 CAD 소프트웨어 (Modelier, Zirkonzahn, Italy)에서 불러온 후 시멘트 두께는 30 μm, 마진으로부터 0.5 mm 상방은 시멘트 부여공간이 없도록 설정한 후, 코핑의 두께가 0.5 mm가 되도록 금속 코핑을 디자인 하였다 (Fig. 3). 디자인된 코핑을 STL 파일로 저장한 후 네 가지 CAM 가공 기법을 이용해 금속 코핑을 제작하기 위하여 각 제작 센터로 파일을 전송하였다.



(A) (B) (C) (D)

Fig. 3. Modelling of metal coping. (A) margin set-up, (B) applied 0.5mm coping thickness, (C) designed coping on the die, (D) image file of designed coping.

15개의 금속 다이를 각각의 지대치로 하여 디자인한 15개의 금속 코핑을 네 가지 방법으로 제작하여 총 60개의 코핑이 제작되었다. 본 연구에서 사용한 네 가지 금속 코핑 제작방법은 다음과 같다.

1) Group MW (n=15): Milled wax and lost-wax casting process

최종 디자인된 코핑의 STL 파일 데이터를 Zirkonzhan (M5, Zirkonzahn, Italy) 밀링기로 전송하여 왁스 블록 (easymill wax block, Hi-Dental, Korea)을 밀링하여 왁스 코핑을 제작하였다. 밀링된 왁스 코핑을 인상염계 매몰제(cb-700, Korea)를 이용해 제조사의 지시에 따라 주조링에 매몰하고 소환한 다음, 니켈 크롬 합금 (Ni 73.8%, Cr 12.2%, Mo 3.6%, Si 3.2%, Nb 4.6%, Ti 0.4%, Al 2.2%; Nicromed Premium, Neodontics, USA)을 고주파 주조

dCollection @ chosun

기(Fornax 35em, BEGO, Germany)를 이용해 약 1300℃ 메탈 용융 후 주조하여 금속 코핑을 완성하였다.

2) Group RP (n=15): Resin RP and lost-wax casting process

최종 디자인된 코핑의 STL 파일 데이터를 쾌속조형기술 (Rapid Prototyping)을 이용한 치과용 3D 프린터 (ProJet™DP3000, 3D SYSTEMS, USA)로 전송하여 레진 코핑을 제작 하였다. 쾌속조형 시스템의 원리는 3차원 CAD 데이터의 정보대로 레이저를 플라스틱 수지와 같은 액체 재료나 파우더에 조사하여 적층기법으로 패턴을 제작하는 것이다. 본 연구에서 사용한 시스템은 3D 프린터에서 레진 파우더를 축성할 때 20 ㎛ 높이씩 축성하여 5층의 레진을 올린 후, 즉 0.1 mm 높이마다 레이저로 경화시키는 과정을 반복하여 레진 코핑을 제작하였다. 제작된 레진 코핑을 Group MW에서와 같은 주조 조건하에서 니켈 크롬 합금으로 주조하여 금속 코핑을 완성하였다.

3) Group MC (n=15): Milled Co-Cr block

최종 디자인된 코핑의 STL 파일 데이터를 금속 밀링기기 (RXD5, Röders GmbH, Germany)로 전송하고 코발트 크롬 합금 블록 (Co 65%, Cr 29%, Nb 2%, W 2%, 그 외 Si, Mo, Fe 2%)을 밀링하여 금속 코핑을 완성하였다.

4) Group DLMS (n=15): Direct laser metal sintering of Co-Cr powder

최종 디자인된 코핑의 STL 파일 데이터를 3D 쾌속 레이저 금속 소결 조형기(M1 cusing, Concept Laser GmbH, Germany)로 전송하여 코발트 크롬 합금 분말 (Co 60.5%, Cr 28%, W 9%, Si 1.5%, 그 외 Mn, N, Nb, Fe 1%; remanium star® CL, Dentaurum, Germany)을 소결층 두께 30 ㎛, 최대 스캔 속도 7 m/s, 레이저 초점 직경 50~200 ㎛ 조건으로 레이저 소결하여 금속 코핑을 완성하였다.

위와 같은 네 가지 제작방법으로 각 그룹별로 15 개씩의 금속 코핑을 제작하였고 (Fig. 4), 각각의 코핑을 치과용 임시접착제 (TempBond, Kerr, USA)를 사용하여 금속 다이에 수압 (finger pressure)을 이용해 3분간 합착하였다.[36]

dCollection @ chosun

Fig. 4. Metal die and Metal copings produced by four fabrication methods.

3. Micro-CT 촬영 (Micro-CT Scanning)

적합된 금속 지대주와 금속 코핑을 Micro-CT (Skyscan 1173, Aartselaar, Belgium)를 이용해 촬영하였으며 실험에 사용한 Micro CT의 촬영조건은 다음과 같다.

- Source Voltage (kV) = 130
- Source Current (uA) = 60
- Number of Rows, Columns = 2240
- Image Pixel Size (um) = 12.79
- Filter = Al 1.0 mm
- Exposure (ms) = 250
- Rotation Step (deg) = 0.2°

X-ray beam 은 지대치 장축에 수직으로 조사되도록 시편을 고정하여 촬영하였다. 촬영된 이미지는 Skyscan의 용적 재구성 프로그램 (volumetric reconstruction software)인 NRecon을 이용해 처리되었고 재구성된 단면 이미지 들은 BMP 형식의 파일로 저장되었다. NRecon의 조건은 아래와 같다.

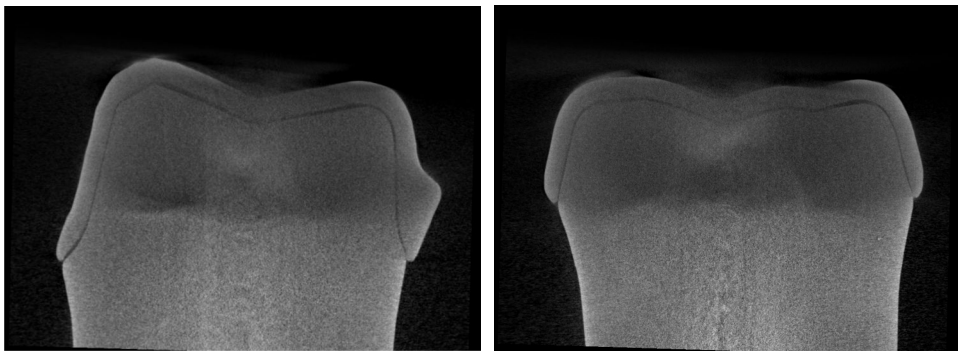
- Program Version=Version: 1.6.9.8

dCollection @ chosun

- Result Image Width (pixels)=1120
- Result Image Height (pixels)=1120
- Angular Step (deg)=0.2000
- Beam Hardening Correction (%)=60
- Minimum for CS to Image Conversion=0.000000
- Maximum for CS to Image Conversion=0.030000

4. 간극 측정 (Gap Measurements)

금속 다이의 협설측 방향과 근원심 방향에서 x 축의 중앙의 단면 이미지는 CTAn 소프트웨어 (Skyscan, Aartselaar, Belgium)를 사용하여 획득되었다 (Fig. 5)



(A) (B)

Fig. 5. Cross-sectional micro CT images through the center of the die (x-axis), in the buccolingual(A) and Mesiodistal (B) directions.

저장된 단면의 이미지는 AutoCAD 소프트웨어 (AutoCAD®, Autodesk,Inc., USA)를 이용해 측정하였다. 측정의 객관성을 위해 모든 측정은 한 사람이 수행하였다. 협설 중앙과 근원심 중앙 이미지에서 각각 9개씩의 측정 지점이 선택되었으며 (Fig. 5), 각각의 측정값을 이용하여 다음과 같은 부위의 적합도를 분석하였다.[25,36,37,38,40]

MG (Marginal Gap): 금속 다이 마진으로부터 코핑까지의 수직선상의 거리

dCollection @ chosun

CA (Chamfer Area): 금속 다이 변연에서 대략 400 μm 내면으로 chamfer 마진이 끝나고 축벽과 연결되는 지점에서의 금속 다이와 코핑간의 거리

AW (Axial Wall): 금속 다이의 축벽 중앙 지점에서의 금속 다이와 코핑간의 거리

OG (Occlusal Gap): 금속 다이의 교합면 교두 및 중심와 지점에서 금속다이와 코핑간의 거리

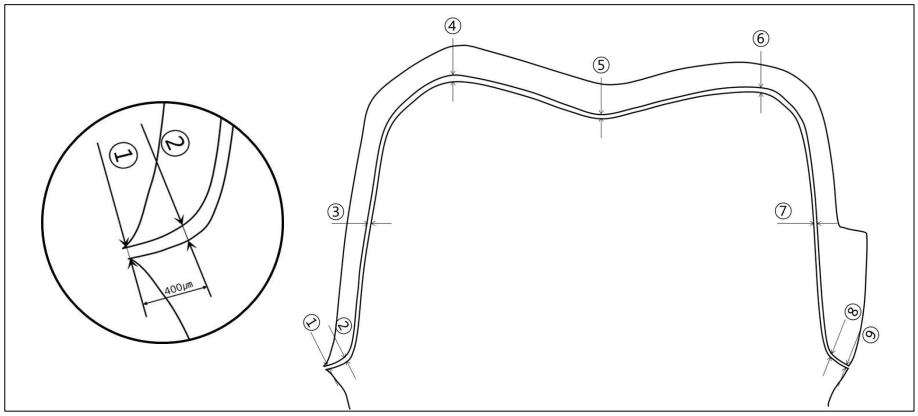


Fig. 6. Schematic presentation of nine measuring Points.

5. 통계 분석 (Statistical Analysis)

수집된 모든 자료는 통계분석용 소프트웨어인 IBM SPSS (IBM SPSS 20.0 for windows, SPSS inc, USA)프로그램을 이용하여 분석하였다. 금속 코핑 제작방법에 따른 간극의 차이는 반복측정분산분석 (Repeated measure ANOVA)을 시행하였고 구체적으로 어떤 제작방법에 따라 간극의 차이가 있는 지를 확인하기 위한 사후검정에서는 대응표본 T검정 (Paired T-test)을 시행 후 Bonferroni correction을 이용한 다중 비교법 (Multiple comparison)을 실시하여 분석하였다. 각각의 제작방법에서 측정위치에 따른 차이는 T검정 (T-test), 혹은 일원배치분산분석 (ANOVA) 검정을 이용하였다. ANOVA 검정의 경우 군 간의 통계적으로 유의한 차이가 나타난 경우 ($p<0.05$), Tukey 검정을 이용하여 사후검정을 시행하였다. 통계적 유의성 판정을 위한 유의수준은 5%로 고려하였다.

dCollection @ chosun

Ⅲ. 연구 결과

1. 측정 방향에 따른 간극의 비교와 평균 시멘트 간극

협설측과 근원심측 중앙의 Micro CT 단면 이미지로부터 9개 측정지점의 간극을 측정하고 그룹별 15개 시편의 각 지점에 따른 평균 및 표준편차 간극을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 협설측과 근원심측에서 측정한 총 평균 간극은 Group RP에서만 협설측에서 106 ± 53 ㎛, 근원심측에서 82 ± 63 ㎛로 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나 (p = 0.001) 다른 그룹에서는 협설측 및 근원심측 평균 간극 간에 유의적 차이가 나타나지 않았다.

Table 1. Mean (SD) gap for different measurement direction (BL & MD), points, and fabrication methods (㎛)

Point	Group MW		Group RP		Group MC		Group DLMS	
	BL	MD	BL	MD	BL	MD	BL	MD
1	42(18)	53(25)	73(25)	46(19)	65(37)	56(25)	63(23)	54(24)
2	59(19)	43(16)	110(29)	38(13)	87(34)	40(18)	110(28)	45(15)
3	34(14)	47(14)	52(25)	46(32)	43(18)	47(17)	43(15)	44(11)
4	102(24)	142(49)	175(37)	187(69)	157(59)	180(69)	192(48)	223(59)
5	116(29)	107(30)	144(37)	136(49)	152(69)	166(57)	216(51)	227(70)
6	106(40)	110(27)	156(46)	141(21)	165(67)	177(81)	218(58)	176(50)
7	66(15)	48(15)	77(37)	48(18)	51(31)	53(27)	64(23)	51(14)
8	62(21)	44(13)	88(16)	36(10)	64(24)	48(32)	97(34)	50(20)
9	59(30)	49(20)	77(41)	63(22)	78(37)	85(35)	78(40)	52(16)
Total	72(37)	71(44)	106(53)	82(63)	96(65)	95(74)	120(76)	102(85)
*p-value**	0.894		**0.001**		0.896		0.071	
Total	72(41)		94(59)		95(69)		111(81)	

* : p-values from T-test for the difference of BL and MD under each fabrication methods group.

dCollection @ chosun

그룹 당 15개의 시편에서 협설측과 근원심측 총 18개의 지점에서 측정된 간극을 합하여 계산된 각 그룹의 총 평균 간극으로 금속 다이와 금속 코핑간의 평균 시멘트 간극 (cement film thickness)을 예측할 수 있다. 각 그룹의 평균 시멘트 간극은 Group RP와 Group MC는 각각 94 ± 59 ㎛, 95 ± 69 ㎛로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 나머지 코핑 제작 방법 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 특히. Group MW의 평균 시멘트 간극은 72 ± 41 ㎛로서 가장 작은 간극을 나타냈고, Group DLMS는 111 ± 81 ㎛로 가장 큰 간극을 나타냈다 ($p < 0.05$)(Fig. 7).

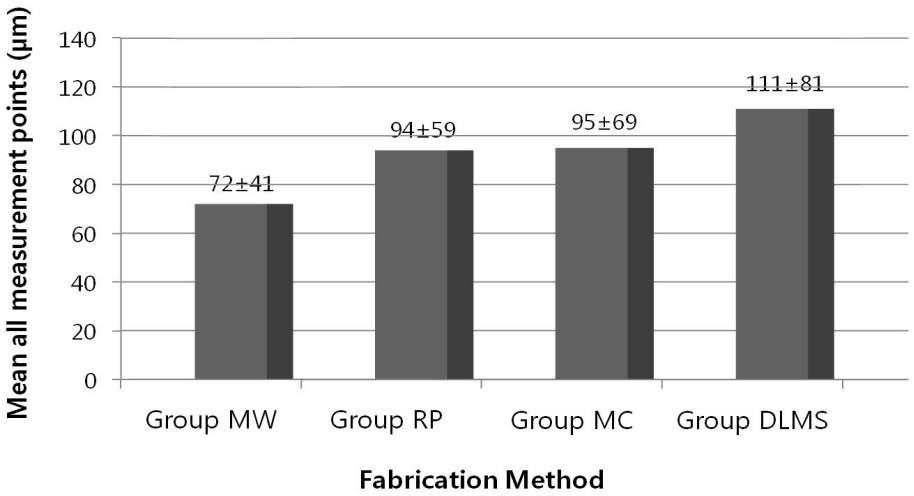


Fig. 7. Mean (SD) gap of all measurement points depending on four fabrication methods. Different superscript means statistically significance different.

2. 변연간극 (MG) 측정 결과

협설 및 근원심 중앙 단면 이미지에서 point 1와 point 9 지점으로 금속 다이의 마진으로부터 금속 코핑까지 수직선상의 거리인 변연간극(MG)을 측정한 결과, Group MW는 51 ± 24 ㎛, Group RP는 65 ± 30 ㎛, Group MC는 71 ± 36 ㎛, 그리고 Group DLMS는 62 ± 29 ㎛의 간극을 나타냈다. 코핑 제작 방법에 따라 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며 ($p < 0.05$), 사후분석 결

dCollection @ chosun

과 Groups MW와 RP, Group MW와 MC 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 (p < 0.008). 또한 변연간극의 협면, 설면, 근심면, 원심면에 따른 차이는 Group RP에서만 통계적으로 유의한 차이를 보였고 (p = 0.027), 사후분석 결과 설면 (77 ± 25 ㎛)과 근심면 (46 ± 19 ㎛)사이에 차이가 있는 것으로 나타났으나 다른 방향과는 차이를 보이지 않았다. 또, 다른 그룹에서는 측정 방향에 따른 차이가 나타나지 않았다 (Table 2).

Table 2. Mean (SD) marginal gap (MG) of metal coping fabricated by four fabrication methods (㎛)

Gap Location	Point	N	Group MW	Group RP	Group MC	Group DLMS	p-value**
MG (all sides)		60	51 (24)^{A}	65 (30)^{B}	71 (36)^{B}	62 (29)^{AB}	**0.002**
Buccal	1	15	42 (18)	73 (25)^{a}	65 (37)	63 (23)	
Lingual	9	15	59 (30)	77 (41)^{a,b}	78 (37)	78 (40)	
Mesial	1	15	53 (25)	46 (19)^{a,c}	56 (25)	54 (24)	
Distal	9	15	49 (20)	63 (22)^{a}	85 (35)	52 (16)	
*p-value**			0.329	**0.027**	0.137	0.055	

* : p-values from ANOVA for the difference of gap location under each fabrication methods group.

** : p-values from Repeated measure ANOVA for the difference of fabrication methods group.

a,b,c : Same letter means there is no significant difference among groups by Tukey's multiple comparison under each fabrication methods group.

A,B,C : Same letter means there is no significant difference among groups by Bonferroni multiple comparisons.

3. Chamfer Area 간극 (CA) 측정 결과

협설 및 근원심 중앙 단면 이미지에서 point 2와 point 8 지점으로 변연에서 400 ㎛ 떨어진 Chamfer area (CA) 부분의 간극은 Group MW가 52 ± 20 ㎛, Group RP는 68 ± 37 ㎛, Group MC는 59 ± 33 ㎛, Group DLMS는 75 ± 38 ㎛ 이었다. 코핑 제작방법에 따라 CA부분의 간극은 통계적으로 유의한 차

dCollection @ chosun

이가 있었으며 ($p < 0.05$), 사후분석 결과 Group MW와 RP, Groups MW와 DLMS 사이에 유의한 차이가 나타났고 Groups MC와 DLMS에서도 유의한 차이가 나타났다 ($p < 0.008$). 측정방향에 따라서는 모든 그룹에서 협, 설, 근심, 원심 방향의 측정 지점에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였고 ($p < 0.05$), 사후분석결과 제작방법에 따라 약간씩은 차이가 있었으나 협설측의 Chamfer 부위에서 근원심측 Chamfer 부위보다 더 큰 간극을 보였다 (Table 3).

Table 3. Mean (SD) internal gap at the chamfer area (CA) of metal coping fabricated by four fabrication methods (㎛)

Gap Location	Point	N	Group MW	Group RP	Group MC	Group DLMS	p-value**
CA (all sides)		60	52 (20)^{A}	68 (37)^{BC}	59 (33)^{AB}	75 (38)^{C}	0.000
Buccal	2	15	59 (19)^{a,b}	110 (30)^{a}	87 (34)^{a}	110 (28)^{a}	
Lingual	8	15	62 (21)^{b}	88 (16)^{b}	64 (24)^{a,b}	97 (34)^{a}	
Mesial	2	15	43 (16)^{a}	38 (13)^{c}	40 (18)^{b}	45 (15)^{b}	
Distal	8	15	44 (13)^{a}	36 (10)^{c}	48 (32)^{b}	50 (20)^{b}	
*p-value**			0.008	0.000	0.000	0.000	

* : p-values from ANOVA for the difference of gap location under each fabrication methods group.

** : p-values from Repeated measure ANOVA for the difference of fabrication methods group.

a,b,c : Same letter means there is no significant difference among groups by Tukey's multiple comparison under each fabrication methods group.

A,B,C : Same letter means there is no significant difference among groups by Bonferroni multiple comparisons.

4. 축면 간극 (AW) 측정 결과

협설 및 근원심 중앙 단면 이미지에서 point 3와 point 7 지점으로, 금속 다이의 축면 중앙과 코핑과의 간극 (AW)은 Group MW는 49 ± 18 ㎛, Group RP는 56 ± 31 ㎛, Group MC는 48 ± 24 ㎛, Group DLMS는 50 ± 18 ㎛로 나

dCollection @ chosun

타났으며, 그룹 간에 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다 ($p > 0.05$, Table 4).

Table 4. Mean (SD) internal gap at the axial wall (AW) of metal coping fabricated by four fabrication methods (㎛)

Gap Location	Point	N	Group MW	Group RP	Group MC	Group DLMS	p-value**
AW (all sides)	3,7	60	49 (18)	56 (31)	48 (24)	50 (18)	0.274

** : p-values from Repeated measure ANOVA for the difference of fabrication methods group

5. 교합면 간극 (OG) 측정 결과

협설 및 근원심 중앙 단면 이미지에서 point 4, 5, 6 지점의 합으로 교합면 교두와 중심와 부위의 간극 (OG)은 Group MW는 114 ± 37 ㎛, Group RP는 156 ± 49 ㎛, Group MC는 166 ± 68 ㎛, 그리고 Group DLMS는 209 ± 60 ㎛로 나타났으며, 그룹 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 사후분석 결과 Group RP와 Group MC를 제외한 나머지 그룹 간에 차이가 있는 것으로 나타났다 (Table 5).

Table 5. Mean (SD) occlusal gap (OG) of metal coping fabricated by four fabrication methods (㎛)

Gap Location	Point	N	Group MW	Group RP	Group MC	Group DLMS	p-value**
OG (all sides)	5,6,7	90	114(37)^{A}	156(49)^{B}	166(68)^{B}	209(60)^{C}	0.000

** : p-values from Repeated measure ANOVA for the difference of fabrication methods group.

^{A,B,C} : Same letter means there is no significant difference among groups by Bonferroni multiple comparisons.

dCollection @ chosun

6. 측정부위에 따른 간극의 비교

각 측정 부위의 간극은 변연 간극 (MG)이 63 ± 31 ㎛, Chamfer부위 간극 (CA)이 64 ± 34 ㎛, 측면 간극 (AW)이 51 ± 24 ㎛, 교합면 간극 (OG)이 161 ± 64 ㎛ 였으며, 측정 부위에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (p < 0.05). 사후검정 결과 변연 간극 (MG)과 Chamfer area 에서의 간극 (CA)은 유의한 차이가 나타나지 않았으며 다른 부위 간에는 유의한 차이가 있었다 (p < 0.05, Table 6).

Table 6. Mean (SD) gap width according to each measurement area (㎛)

	MG (N = 240)	CA (N = 240)	AW (N = 240)	OG (N = 360)	*p-value**
Gap width	62(31)[a]	64(34)[a]	51(24)[b]	161(64)[c]	0.000

* : p-values from ANOVA for the difference of gap measurement points.
[A,B,C] : Same letter means there is no significant difference among gap measurement points by Tukey's multiple comparison at each group.

동일한 측정부위 내에서 코핑 제작방법에 따라 변연 간극 (MG), Chamfer부위 간극 (CA), 교합면 간극(OG)에서는 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (p < 0.05). 그리고 측정부위에 따른 간극을 보면 교합면 간극 (OG)이 가장 컸고, 측면 간극 (AW)이 가장 작았다 (Fig 8).

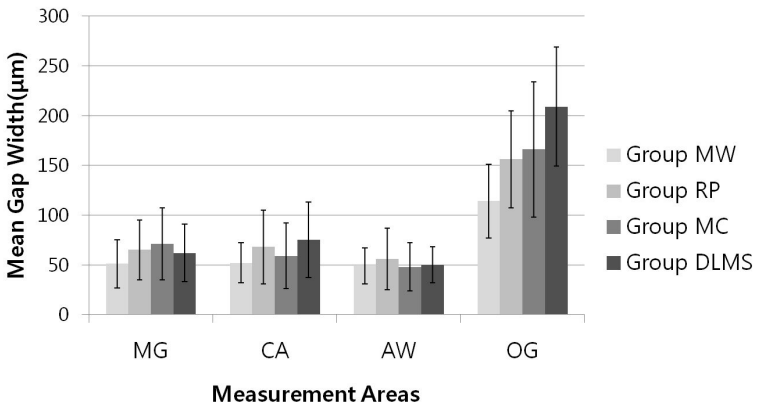


Fig. 8. Mean gap width of each measurement areas

dCollection @ chosun

Ⅳ. 총괄 및 고찰

변연 및 내면 적합도 측정을 위한 여러 연구들에서는 지대치 다이를 재현하기 위해 석고, 금속[41,42], 아크릴 레진[43,44], 지르코니아 등을 사용하고 있다. 이 중 금속 다이는 규격화된 치아삭제를 재현할 수 있고 시편을 탈부착 하는 과정에서 마모가 발생되지 않는 장점이 있다.[45] 따라서, 본 연구에서도 코발트 크롬 블록을 밀링한 금속 다이를 제작하여 각각의 코핑과의 적합도를 측정함으로서 다이의 마모나 변형으로 인한 측정의 오류를 피하고자 하였다.

CAD/CAM 시스템을 이용하여 제작한 보철물의 적합성은 지대치의 3차원 형상을 스캔하여 입력하는 과정, 소프트웨어에서 디자인하는 과정, 가공하는 과정 등에 의해 영향을 받을 수 있다.[17,46-50] 지대치의 3차원 형상을 스캔하여 입력하는 과정에서 광학 스캐너를 사용하여 금속 구조물을 스캔하는 경우 빛 반사로 인한 이미지의 왜곡을 줄이기 위해 이산화 티타늄 파우더를 표면에 도포한 후 스캔하는 것이 추천된다. 이 때 마진이나 교합면 부위에 파우더가 더 많이 축적될 수 있고 축적된 모양으로 스캔이 됨으로써 실제 모형과 다른 스캔 형상이 얻어질 수 있다.[51] 따라서, 동일하게 형성된 금속 다이를 스캔하는 경우에도 약간씩 다른 스캔 데이터가 얻어지며, 각각의 3차원 데이터에서 코핑을 디자인하고 제작했을 때 실제의 금속다이와 제작된 코핑 간에 일부분에서는 더 큰 간극이 측정될 수도 있으므로 절대적 적합도를 분석하는데는 한계가 있다. 소프트웨어에서 수작업으로 마진을 결정하는 디자인 과정에서도 각각의 3차원 다이 모형마다 마진이 달라져 코핑의 변연위치가 달라질 수 있다. 이러한 이유로, 본 연구에서는 한 개의 금속다이를 스캔하고 소프트웨어에서 코핑 모양을 디자인 한 후 네 가지 제작방법으로 코핑을 제작하는 방법으로 총 15개의 금속다이를 스캔하여 각각에서 4개씩 총 60개의 코핑을 제작하였다. 즉, 각각의 동일한 다이에서 4가지 다른 방법으로 제작된 코핑들은 동일한 조건에서 제작되었으므로 다이를 스캔하는 과정이나 다이변연을 마킹하는 과정에서의 오차가 배제됨으로써 상대적 적합도를 분석하는 데 유효한 방법이라 판단된다.

일반 금속 도재관을 위한 코핑의 주조를 위해서는 주조성이 좋은 니켈-크롬 합금이 주로 사용된다. 니켈-크롬은 종종 알러지 반응을 일으키기도 한

dCollection @ chosun

다.[52,53] 따라서, 주조가 아닌 밀링이나 신터링을 이용한 코핑의 제작시에는 크롬-코발트 블록이나 파우더가 주로 사용되고 있다. 보철물의 적합도 평가에 있어 Ucar 등[54]은 두 금속간에 유의적인 차이가 없다고 하였으며 따라서 본 연구에서는 주조방법이 사용된 Group MW와 Group RP는 일반 금속도재관의 사용에 주로 사용되는 니켈-크롬 합금을 사용하였고 밀링이나 레이저 신터링을 통해 가공한 Group MC와 Group DMLS는 코발트-크롬 합금을 사용하여 제작하였다.

보철물의 적합도는 시멘트의 피막후경, 시멘트의 종류, 접착방법, 접착압의 크기 등에 따라서도 다른 결과를 보일 수 있다.[55] 보철물의 양호한 접합을 위해서는 적절한 합착 공간을 부여함으로서 합착 시 수력학적 압력(hydraulic pressure)을 감소시키고 최소한의 마찰저항으로 시멘트가 분배되어 장착되어야 한다.[56] 따라서, 전통적인 금속 코핑 제작방법에서는 작업 모형 다이에 스페이서를 직접 도포하여 시멘트 공간을 부여하는데 이 과정에서 다이 스페이서가 균일하지 않게 적용되기도 한다. 반면, CAD 소프트웨어를 이용한 코핑의 디자인 시에는 스캔된 3차원 다이 형상에서 마진으로부터 정해진 부위에 시멘트 두께를 지정하여 적용함으로서 균일한 시멘트 공간을 부여할 수 있다. 본 연구에서도 다이 마진으로부터 0.5 mm 떨어진 부위로부터 상방으로 30 μm의 균일한 시멘트 공간을 부여함으로써 합착 시 보철물의 안착을 방지하지 않도록 하였다.[57]

보철물의 적합도 평가를 위한 실험에서 시편의 접착여부가 간극에 미치는 영향에 대한 여러 의견이 있다.[6,27,58] 일부 논문에서는 피막 두께가 큰 레진 시멘트의 사용 시 실제 간극보다 더 큰 간극이 나타날 수 있고,[37] 접착을 시행하지 않은 경우에는[6,27,58] 코핑의 움직임이 발생되어 측정의 오류를 야기할 수 있으므로 임시 시멘트를 사용하여 코핑을 접착한 후 적합도를 평가하는 것을 추천하고 있다.[10] 본 연구에서도 각각 네 가지 제작방법에 의해 제작된 금속 코핑을 동일한 금속 다이에 번갈아 접착한 후 간극을 측정하기 위해 코핑의 탈착이 쉬운 임시 시멘트를 사용하였다. 시멘트의 접착은 기계를 이용하여 동일한 압력이 가해지도록 하는 방법도 사용되고 있으나 실제 임상에서 수복물의 접착 시 술자의 수압 (finger pressure)을 이용하며 이때 발생되는 적합도의 변화를 고려하여 3분간 수압으로 접착을 시행하였다.[37,54,59]

보철물의 적합성은 코핑을 제작하는 가공방법에 따라서도 영향을 받으므로

dCollection @ chosun

본 연구는 가공방법을 달리하여 제작한 코핑의 적합도를 분석하였다. 본 연구에서 사용된 방법들을 가공기법에 따라 분류하자면 Group MW와 MC는 밀링기를 이용한 방법들이다.[7] Group MW는 왁스 블록을 밀링한 후 일반 주조방법으로 주조하여 보철물을 제작하는 방법이고 Group MC는 금속블록을 삭제하여 바로 보철물을 제작하는 방법이다. Group RP와 Group DLMS는 드릴을 사용하지 않고 3D 프린팅 기법을 이용한 방법들이다. Group RP는 stl 파일을 바탕으로 3D 레진 프린팅 기법으로 레진을 중합하여 레진 코핑을 만든 후 이를 주조하여 보철물을 제작하는 방법으로 고정성 보철 뿐 아니라 가철성 국소의치 프레임 제작에도 사용되고 있다. DLMS 방법은 금속 파우더가 데이터 파일을 사용해 선택적으로 발사되고 금속 구조를 완성하게 위해 레이저가 대략 20 ~ 60 μm층으로 각 슈팅과 결합 과정을 통해 보철물이 제작된다.[40] 결과적으로, Group MW와 Group RP는 새로운 CAD/CAM 기술에 기존의 주조기술이 결합된 방법으로 제작된 그룹인 반면, Group MC와 Group DMLS는 주조 과정이 없이 CAD/CAM 기술만을 이용하여 제작하는 방법이다. 따라서 일반적으로 왁스 코핑이나 레진 코핑은 모형에서 적합을 한 번 더 확인한 후 주조과정을 거치므로 전 과정이 CAD/CAM으로 진행되는 방법보다 실제 임상에서는 더 정확할 수 있다. 하지만 본 연구에서는 왁스 코핑이나 레진 코핑을 제작한 후 일체의 수작업을 통한 조정과정이 없이 금속으로 주조하여 코핑을 제작함으로써 가공기법에 따른 적합성을 비교하고자 하였다.

본 연구에서는 밀링기를 이용하여 왁스 블록을 밀링한 Group MW와 금속블럭을 밀링한 Group MC는 변연 및 교합면 간극 그리고 총 시멘트 간극에 있어 Group MC가 Group MW보다 더 큰 간극을 보였다. 이는 강한 금속 재질을 밀링할 때 밀링기의 움직임이 발생될 수 있고 또, 절삭 바의 마모로 인한 밀링의 정확성이 감소되는 이유로 설명될 수 있다.[7] 밀링동안 밀링 바의 마모는 다이아몬드 입자가 빠져나오고 이는 바의 직경을 변화시켜 밀링의 정확성을 감소시킨다. 따라서 사용하는 재료의 강도를 고려하여 밀링바의 교체가 정해진 간격 (regular interval)으로 이루어져야 한다.[41] 또한 밀링기를 이용한 가공의 경우 축벽에서 교합면으로 이어지는 부분이나 교두나 중심와 부위와 같이 직선으로 변환되는 부위를 밀링 할 때는 가급적 작은 직경의 절삭바 (1 mm)를 사용하는 것이 추천된다. 만약 큰 직경의 절삭바를 사용하면 바의 크기보다 작은 부분에서 필요 이상의 보철물 내면 삭제를 야기하여 내면의 더 큰

dCollection @ chosun

간극을 야기할 수 있다.[60,61] 이는 본 연구에서, 교합면의 간극이 다른 부위의 간극보다 더 크게 나타난 이유 중의 하나일 것이다.

레진 RP를 이용하여 주조한 금속 코핑과 DLMS 방식으로 바로 제작한 금속 코핑의 적합도를 비교한 연구는 거의 없다. 본 연구에서 Group RP는 교합면 간극과 총 시멘트 간극에서 Group DLMS 보다는 큰 간극을 보였다. DLMS를 이용한 방법은 기계가 비싼 단점이 있지만 복잡한 형상을 쉽게 제작 할 수 있고 왁스패턴이나 주조과정이 없어 제작 시간을 줄일 수 있으며 원하는 부위만 금속이 슈팅되므로 왁스 스푸루를 만들어야 하는 일반 주조방법보다 금속의 낭비가 적은 장점으로 인하여 최근 임상에서 많이 사용되면서 이를 활용하여 제작한 보철물의 변연 적합도에 대한 다양한 연구들이 진행되고 있지만 아직까지도 매우 제한적이며 다양한 결과를 보고하고 있다.[3,7,13,40,54,62]

Akova 등[63]의 연구에서는 코핑과 보철물간의 전단강도 비교를 통해 주조 니켈-크롬이나 주조 코발트-크롬 보철물의 적합도가 금속 분말을 이용해 선택적 레이저 신터링 방식(SLS)으로 제작한 코발트-크롬 보철물 보다 더 우수하다고 보고하였다. 반면, Ucar 등[54]의 연구는 주조 코발트-크롬, 주조 니켈-크롬, SLS 방식으로 제작한 코발트-크롬의 평균 내면 간극이 각각, 50.6 ± 25.1 ㎛, 58.2 ± 19.9 ㎛, 62.6 ± 21.6 ㎛를 보임으로서 SLS 방식으로 제작한 코발트-크롬 보철물이 큰 간극을 보였지만 유의적인 차이는 없다고 하였다. DLMS의 변연 및 내면 적합도를 일반 납형 왁스 주조 기법 (LW), 그리고 MW, MC와 비교한 Orthop의 연구에서는[7] DLMS로 제작된 보철물의 평균 시멘트 필름 두께 즉 내면적합이 84 ± 60 μm로 가장 우수하고 다음은 MW (117 ± 89 ㎛), LW (133 ± 89 ㎛), MC (166 ± 135 ㎛) 순으로 나타났다고 보고한 바 있다. 이는 본 연구에서 DLMS로 제작한 그룹이 변연, Chamfer 부위, 교합면 간극, 그리고 총 시멘트 간극에 있어 MW나 MC보다 오히려 크게 나타난 결과와 대치된다. 이러한 차이는 Orthop 등[7]의 연구는 3본 고정성 보철물을 대상으로 한 연구인 반면 본 연구는 단일 금관을 대상으로 했으므로 밀링하는 정밀도에 있어 차이가 날수 있으며 또한, Orthop 등[7]의 연구에서는 MW와 MC 방법으로 브릿지를 제작함에 있어 4축의 밀링기를 사용한 반면, 본 연구에서는 5축의 밀링기기를 사용하여 왁스와 크롬 코발트 코핑을 제작함으로서 더 나은 절삭조건과 효과적인 절삭 바의 path를 형성하여 밀링의 효능을 더 증가시킴으로서 MW와 MC 그룹의 적합성이 더 우수하게 나타난 것으로 생

dCollection @ chosun

각된다.[64] 2008년 Quante 등[13]의 연구에서는 코발트 크롬 파우더를 이용하여 DLMS 방법으로 제작한 단일 코핑의 마진 간극은 평균 93 ㎛, 마진 200 ㎛ 위의 Chamfer 부위의 간극은 평균 76 ㎛, 교합면 간극은 252 ~ 284 ㎛를 보임으로서 허용할 수 있는 범위의 임상적 적합도를 갖는다고 보고하였다. 본 연구에서는 DLMS 방법으로 제작한 코핑의 마진 간극은 62 ㎛, 교합면 간극은 209 ㎛를 보임으로서 DLMS 방식으로 제작된 보철물의 적합성이 이전 연구들보다 더 개선되었음이 관찰되었다.

과거 연구들은 CAD/CAM 기술을 이용한 보철물의 교합면 적합은 변연 및 축면 적합과 비교하여 떨어진다고 보고하고 있다.[7,46,60,65-67] 본 연구에서도 모든 그룹에서 교합면의 간극이 다른 부분의 적합보다 가장 크게 나타났으며 이는 앞서 언급한 CAD/CAM 과정에서의 오차, 즉 스캔시의 오차나 교합면 가공시의 가공기계의 정확성 감소에 의한다. 본 연구에서도 모든 그룹에서 축면 간극이 가장 작게 나타났고 교합면의 간극이 가장 크게 나타남으로서 이전 연구들과 동일한 결과를 보였다.

금속 코핑의 변연 적합도 (marginal fit)에 대한 연구들은 다이 마진으로부터 코핑까지의 수직적 거리인 변연 간극 (marginal gap)을 측정하여 분석하였다.[36] 변연 간극의 정도는 보철물의 임상적인 성공과 수명에 중요한 요소이다.[13,14,36,68,69] 따라서 어느 정도의 변연 간극이 임상적으로 허용할 수 있는지에 대한 여러 연구들이 보고되어 왔다. Sorenson 등[70]은 변연 오차로 발생하는 골 소실 등을 억제하기 위해서는 변연 간극이 50 μm이하이어야 한다고 했고 Christensen 등[71]은 적절한 변연 간격을 40 ㎛ 라고 보고했다. McLean과 von Fraunhofer 등[72]은 5년 이상 구강 내에 있던 1000개의 수복물을 조사하여 100 μm 정도의 변연간극은 임상적으로 거의 문제를 일으키지 않으며 허용 가능한 최대치는 120 ㎛ 정도라고 보고한 바 있다. 이와 같이 변연 간극의 임상적 허용범위는 연구에 따라 차이가 있으며 아직까지도 절대적 기준은 규명되지 않았다.[7] 본 연구에서는 모든 그룹의 평균 변연간극이 51~71 ㎛를 보임으로서 임상적으로 허용할 수 있는 결과를 보였다.

본 연구에서는 가공과정에 따른 적합도 비교를 위해 왁스나 레진 또는 금속 코핑의 가공 후 수작업을 통한 조정을 시행하지 않았다. 하지만 실제로는 가공과정에서 발생되는 내면이나 변연의 불규칙한 부분들을 임상에서 적용하기 전에 미리 기공실에서 조정함으로서 코핑의 적합도를 증가시키고 있다. 따라

dCollection @ chosun

서, 임상 적용시의 코핑의 적합도를 평가하기 위해서 숙련된 기공사의 조정을 거친 다음 적합을 평가해 보는 추가적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

Ⅴ. 결 론

치과용 CAD/CAM 기술을 이용한 네 가지 방법으로 제작한 금속 코핑의 변연 및 내면 적합도를 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 금속 코핑과 금속 다이간의 평균 간극은 Group MW (72 ± 41 ㎛), Group RP (94 ± 59 ㎛), Group MC (95 ± 69 ㎛), Group DLMS(111 ± 81 ㎛) 순서로 나타났고 Group MW가 가장 작은 간극을, Group DLMS가 가장 큰 간극을 보였다. Groups RP와 MC는 유의한 차이를 보이지 않았으나 다른 그룹 간에는 유의한 차이가 관찰되었다.

2. 변연 간극 (MG)은 Group MW는 51 ± 24 ㎛, Group DLMS는 62 ± 29 ㎛, Group RP는 65 ±30 ㎛, Group MC는 71 ± 36 ㎛ 순서로 나타났다. Group MW가 가장 작은 간극을 보였고 Group RP, Group MC와 유의한 차이를 보였으며 다른 그룹 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

3. Chamfer 부위 (CA)의 간극은 Group MW (52 ± 20 ㎛), Group MC (59 ± 33 ㎛), Group RP (68 ± 37 ㎛), Group DLMS (75 ± 38 ㎛) 순서로 나타났다. Group MW가 가장 작은 간극을 보였고 Group RP, Group DLMS 와 유의한 차이를 보였다. Group MC는 Groups DLMS 와 유의한 차이를 보였다.

4. 축면 (AW)의 간극은 Group MW는 49 ± 18 ㎛, Group MC는 48 ± 24 ㎛ Group DLMS는 50 ± 18 ㎛, Group RP는 56 ± 31 ㎛ 순서로 나타났으나, 그룹 간에 유의한 차이는 보이지 않았다.

5. 교합면 간극 (OG)은 다른 측정부위에 비해 가장 큰 간극을 보였으며,

dCollection @ chosun

Group MW (114± 37 ㎛), Group RP (156 ± 49 ㎛), Group MC (166 ± 68 ㎛), Group DLMS (209 ± 60 ㎛) 순서로 나타났다, Group MW가 가장 작은 간극을 보였고 Group DLMS가 가장 큰 간극을 보였다. Group RP와 Group MC은 유의한 차이가 없었으나 다른 그룹 간에는 차이가 나타났다.

이상의 결과로 볼 때, 최근 치과용 CAD/CAM 기술을 활용한 네 가지 제작방법을 통해 제작된 금속 코핑은 임상적으로 허용할 만한 변연 및 내면 적합도를 보임으로서 편리하고 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 단, CAD/CAM 방법의 사용 시 스캔 및 디자인과정, 가공과정에서 발생되는 오차는 보철물의 적합도에 있어 편차를 야기할 수 있다. 따라서, 우수한 적합도를 갖는 보철물을 제작하기 위해서는 스캐너와 소프트웨어, 그리고 가공기기의 적절한 보정 및 보철물의 재료와 형태를 고려한 규격화가 이루어져야 할 것이다.

dCollection @ chosun

참 고 문 헌

1. Brecker SC. Porcelain baked to gold; a new medium in prosthodontics. J Prosthet Dent 1956;6:801-10.

2. Kelly JR. Dental ceramics: current thinking and trends. Dent Clin North Am 2004;48:513-30.

3. Kim KB, Kim JH, Kim WC, Kim HY, Kim JH. Evaluation of the marginal and internal gap of metal-ceramic crown fabricated with a selective laser sintering technology: two- and three-dimensional replica techniques. J Adv Prosthodont 2013;5:179-86.

4. Besimo C, Jeger C, Guggenheim R. Marginal adaptation of titanium frameworks produced by CAD/CAM techniques. Int J Prosthodont 1997;10:541-6.

5. Goodacre CJ, Van Roekel NB, Dykema RW, Ullmann RB. The collarless metal-ceramic crown. J Prosthet Dent 1977;38:615-22.

6. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Spiekermann H, Anusavice KJ. Marginal fit of alumina-and zirconia-based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. Oper Dent 2001;26:367-74.

7. Ortorp A, Jonsson D, Mouhsen A, Vult von Steyern P. The fit of cobalt-chromium three-unit fixed dental prostheses fabricated with four different techniques: a comparative in vitro study. Dent Mater 2011;27:356-63.

8. Jacobs MS, Windeler AS. An investigation of dental luting cement solubility as a function of the marginal gap. J Prosthet Dent 1991;65:436-42.

9. Felton DA, Kanoy BE, Bayne SC, Wirthman GP. Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. J Prosthet Dent 1991;65:357-64.

10. Trifkovic B, Budak I, Todorovic A, Hodolic J, Puskar T, Jevremovic D, Vukelic D. Application of Replica Technique and SEM in Accuracy

dCollection @ chosun

Measurement of Ceramic Crowns. Meas Sci Review 2012;12:90-7.
11. White SN, Sorensen JA, Kang SK, Caputo AA. Microleakage of new crown and fixed partial denture luting agents. J Prosthet Dent 1992;67:156-61.
12. Bergenholtz G, Cox CF, Loesche WJ, Syed SA. Bacterial leakage around dental restorations: its effect on the dental pulp. J Oral Pathol 1982;11:439-50.
13. Quante K, Ludwig K, Kern M. Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology. Dent Mater 2008;24:1311-5.
14. Vigolo P, Fonzi F. An in vitro evaluation of fit of zirconium-oxide-based ceramic four-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems, before and after porcelain firing cycles and after glaze cycles. J Prosthodont 2008;17:621-26.
15. Soriani NC, Leal MB, Paulino SM, Pagnano VO, Bezzon OL. Effect of the use of die spacer on the marginal fit of copings cast in NiCr, NiCrBe and commercially pure titanium. Braz Dent J 2007;18:225-30.
16. Mitchell CA, Pintado MR, Douglas WH. Nondestructive, in vitro quantification of crown margins. J Prosthet Dent 2001;85:575-84.
17. Kokubo Y, Tsumita M, Kano T, Sakurai S, Fukushima S. Clinical marginal and internal gaps of zirconia all-ceramic crowns. J Prosthodont Res 2011;55:40-3.
18. Tjan AH, Li T, Logan GI, Baum L. Marginal accuracy of complete crowns made from alternative casting alloys. J Prosthet Dent 1991;66:157-64.
19. Bader JD, Rozier RG, McFall WT, Jr., Ramsey DL. Effect of crown margins on periodontal conditions in regularly attending patients. J Prosthet Dent 1991;65:75-9.
20. Grasso JE, Nalbandian J, Sanford C, Bailit H. Effect of restoration quality on periodontal health. J Prosthet Dent 1985;53:14-9.

dCollection @ chosun

21. Rekow D, Thompson VP. Engineering long term clinical success of advanced ceramic prostheses. J Mater Sci Mater Med 2007;18:47-56.
22. Tuntiprawon M, Wilson PR. The effect of cement thickness on the fracture strength of all-ceramic crowns. Aust Dent J 1995;40:17-21.
23. Lee JY, Choi SJ, Kim MS, Kim HY, Kim YS, Shin SW. Effect of span length on the fit of zirconia framework fabricated using CAD/CAM system. J Adv Prosthodont 2013;5:118-25.
24. Nakamura T, Dei N, Kojima T, Wakabayashi K. Marginal and internal fit of Cerec 3 CAD/CAM all-ceramic crowns. Int J Prosthodont 2003;16:244-8.
25. Beuer F, Aggstaller H, Edelhoff D, Gernet W, Sorensen J. Marginal and internal fits of fixed dental prostheses zirconia retainers. Dent Mater 2009;25:94-102.
26. Gonzalo E, Suarez MJ, Serrano B, Lozano JF. Marginal fit of Zirconia posterior fixed partial dentures. Int J Prosthodont 2008;21:398-9.
27. Boening KW, Wolf BH, Schmidt AE, Kastner K, Walter MH. Clinical fit of Procera AllCeram crowns. J Prosthet Dent 2000;84:419-24.
28. Borba M, Miranda WG, Jr., Cesar PF, Griggs JA, Bona AD. Evaluation of the adaptation of zirconia-based fixed partial dentures using micro-CT technology. Braz Oral Res 2013;27:396-402.
29. Leong D, Chai J, Lautenschlager E, Gilbert J. Marginal fit of machine-milled titanium and cast titanium single crowns. Int J Prosthodont 1994;7:440-7.
30. Coli P, Karlsson S. Fit of a new pressure-sintered zirconium dioxide coping. Int J Prosthodont 2004;17:59-64.
31. Laurent M, Scheer P, Dejou J, Laborde G. Clinical evaluation of the marginal fit of cast crowns--validation of the silicone replica method. J Oral Rehabil 2008;35:116-22.
32. Rahme HY, Tehini GE, Adib SM, Ardo AS, Rifai KT. In vitro evaluation of the "replica technique" in the measurement of the fit of

dCollection @ chosun

Procera crowns. J Contemp Dent Pract 2008;9:25-32.
33. Kohorst P, Junghanns J, Dittmer MP, Borchers L, Stiesch M. Different CAD/CAM-processing routes for zirconia restorations: influence on fitting accuracy. Clin Oral Investig 2011;15:527-36.
34. Gemalmaz D, Alkumru HN. Marginal fit changes during porcelain firing cycles. J Prosthet Dent 1995;73:49-54.
35. Mormann WH, Bindl A, Luthy H, Rathke A. Effects of preparation and luting system on all-ceramic computer-generated crowns. Int J Prosthodont 1998;11:333-9.
36. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. J Prosthet Dent 1989;62:405-8.
37. Kwon YJ, Lee YS, Park WH. Comparative study in material adaption of zirconia cores fabricated with 3 different CAD/CAM systems. J Korean Acad Prosthodont 2008;46:12-21.
38. Beuer F, Korczynski N, Rezac A, Naumann M, Gernet W, Sorensen JA. Marginal and internal fit of zirconia based fixed dental prostheses fabricated with different concepts. Clin Cosmet Investig Dent 2010;2:5-11.
39. Beuer F, Neumeier P, Naumann M. Marginal fit of 14-unit zirconia fixed dental prosthesis retainers. J Oral Rehabil 2009;36:142-9.
40. Kim KB, Kim WC, Kim HY, Kim JH. An evaluation of marginal fit of three-unit fixed dental prostheses fabricated by direct metal laser sintering system. Dent Mater 2013;29:e91-6.
41. Rinke S, Huls A, Jahn L. Marginal accuracy and fracture strength of conventional and copy-milled all-ceramic crowns. Int J Prosthodont 1995;8:303-10.
42. Buchanan WT, Svare CW, Turner KA. The effect of repeated firings and strength on marginal distortion in two ceramometal systems. J Prosthet Dent 1981;45:502-6.
43. Davis DR. Comparison of fit of two types of all-ceramic crowns. J Prosthet Dent 1988;59:12-6.

dCollection @ chosun

44. Pera P, Gilodi S, Bassi F, Carossa S. In vitro marginal adaptation of alumina porcelain ceramic crowns. J Prosthet Dent 1994;72:585-90.
45. Lee KB, Park CW, Kim KH, Kwon TY. Marginal and internal fit of all-ceramic crowns fabricated with two different CAD/CAM systems. Dent Mater J 2008;27:422-6.
46. Reich S, Wichmann M, Nkenke E, Proeschel P. Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. Eur J Oral Sci 2005;113:174-9.
47. Kelly JR, Tesk JA, Sorensen JA. Failure of all-ceramic fixed partial dentures in vitro and in vivo: analysis and modeling. J Dent Res 1995;74:1253-8.
48. Fischer H, Weber M, Marx R. Lifetime prediction of all-ceramic bridges by computational methods. J Dent Res 2003;82:238-42.
49. DeLong R, Heinzen M, Hodges JS, Ko CC, Douglas WH. Accuracy of a system for creating 3D computer models of dental arches. J Dent Res 2003;82:438-42.
50. Cho HD, Jun YT, Yang MY. Five-axis CNC milling for effective machining of sculptured surfaces. Int J Prod Res 1993;31:2559-73.
51. Almeida ESJS, Erdelt K, Edelhoff D, Araujo E, Stimmelmayr M, Vieira LC, Guth JF. Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. Clin Oral Investig 2014;18:515-23.
52. Pierce LH, Goodkind RJ. A status report of possible risks of base metal alloys and their components. J Prosthet Dent 1989;62:234-8.
53. Wassell RW, Walls AWG, Steele JG. Crowns and extra-coronal restorations: Materials selection. Br Dent J 2002;192:199-202.
54. Ucar Y, Akova T, Akyil MS, Brantley WA. Internal fit evaluation of crowns prepared using a new dental crown fabrication technique: laser-sintered Co-Cr crowns. J Prosthet Dent 2009;102:253-9.
55. White SN, Kipnis V. Effect of adhesive luting agents on the marginal seating of cast restorations. J Prosthet Dent 1993;69:28-31.

dCollection @ chosun

56. Wang CJ, Millstein PL, Nathanson D. Effects of cement, cement space, marginal design, seating aid materials, and seating force on crown cementation. J Prosthet Dent1992;67:786-90.
57. Martins LM, Lorenzoni FC, Melo AO, Silva LM, Oliveira JL, Oliveira PC, Bonfante G. Internal fit of two all-ceramic systems and metal-ceramic crowns. J Appl Oral Sci 2012;20:235-40.
58. Hertlein G, Hoescheler S, Frank S, Suttor D. Marginal fit of cad/cam manufactured all ceramic zirconia prosthesis. J Dent Res 2001;80:42.
59. Lang NP, Kiel RA, Anderhalden K. Clinical and microbiological effects of subgingival restorations with overhanging or clinically perfect margins. J Clin Periodontol 1983;10:563-78.
60. Bornemann G, Lemelson S, Luthardt R. Innovative method for the analysis of the internal 3D fitting accuracy of Cerec-3 crowns. Int J Comput Dent 2002;5:177-82.
61. Tinschert J, Natt G, Hassenpflug S, Spiekermann H. Status of current CAD/CAM technology in dental medicine. Int J Comput Dent 2004;7:25-45.
62. Oyague RC, Sanchez-Turrion A, Lopez-Lozano JF, Montero J, Albaladejo A, Suarez-Garcia MJ. Evaluation of fit of cement-retained implant-supported 3-unit structures fabricated with direct metal laser sintering and vacuum casting techniques. Odontology 2012;100:249-53.
63. Akova T, Ucar Y, Tukay A, Balkaya MC, Brantley WA. Comparison of the bond strength of laser-sintered and cast base metal dental alloys to porcelain. Dent Mater 2008;24:1400-4.
64. Hamza TA, Ezzat HA, El-Hossary MM, Katamish HA, Shokry TE, Rosenstiel SF. Accuracy of ceramic restorations made with two CAD/CAM systems. J Prosthet Dent 2013;109:83-7.
65. Beuer F, Naumann M, Gernet W, Sorensen JA. Precision of fit: zirconia three-unit fixed dental prostheses. Clin Oral Investig 2009;13:343-9.

dCollection @ chosun

66. Borba M, Cesar PF, Griggs JA, Della Bona A. Adaptation of all-ceramic fixed partial dentures. Dent Mater 2011;27:1119-26.
67. Han HS, Yang HS, Lim HP, Park YJ. Marginal accuracy and internal fit of machine-milled and cast titanium crowns. J Prosthet Dent 2011;106:191-7.
68. Jahangiri L, Wahlers C, Hittelman E, Matheson P. Assessment of sensitivity and specificity of clinical evaluation of cast restoration marginal accuracy compared to stereomicroscopy. J Prosthet Dent 2005;93:138-42.
69. Addi S, Hedayati-Khams A, Poya A, Sjogren G. Interface gap size of manually and CAD/CAM-manufactured ceramic inlays/onlays in vitro. J Dent 2002;30:53-8.
70. Sorensen SE, Larsen IB, Jorgensen KD. Gingival and alveolar bone reaction to marginal fit of subgingival crown margins. Scand J Dent Res 1986;94:109-14.
71. Christensen GJ. Marginal fit of gold inlay castings. J Prosthet Dent 1966;16:297-305.
72. McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. Br Dent J 1971;131:107-11.

dCollection @ chosun