

# 다양한 CAD/CAM 방식으로 제작한 금속하부구조물 간의 변연 및 내면 적합도 비교 연구

정승진<sup>1</sup> · 조혜원<sup>1</sup> · 정지혜<sup>1</sup> · 김정미<sup>2</sup> · 김유리<sup>1\*</sup>

원광대학교 <sup>1</sup>치과대학 치과보철학교실, <sup>2</sup>치과병원 치과기공실

## Comparative evaluation of marginal and internal fit of metal copings fabricated by various CAD/CAM methods

Seung-Jin Jeong<sup>1</sup>, Hye-Won Cho<sup>1</sup>, Ji-Hye Jung<sup>1</sup>, Jeong-Mi Kim<sup>2</sup>, Yu-Lee Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Wonkwang University, Iksan, Republic of Korea

<sup>2</sup>Dental Laboratory, Wonkwang University Dental Hospital, Iksan, Republic of Korea

**Purpose:** The purpose of the present study was to compare the accuracy of four different metal copings fabricated by CAD/CAM technology and to evaluate clinical effectiveness. **Materials and methods:** Composite resin tooth of the maxillary central incisor was prepared for a metal ceramic crown and duplicated metal die was fabricated. Then scan the metal die for 12 times to obtain STL files using a confocal microscopy type oral scanner. Metal copings with a thickness of 0.5 mm and a cement space of 50  $\mu$ m were designed on a CAD program. The Co-Cr metal copings were fabricated by the following four methods: Wax pattern milling & Casting (WM), Resin pattern 3D Printing & casting (RP), Milling & Sintering (MS), Selective laser melting (SLM). Silicone replica technique was used to measure marginal and internal discrepancies. The data was statistically analyzed with One-way analysis of variance and appropriate post hoc test (Scheffe test) ( $\alpha=0.05$ ). **Results:** Mean marginal discrepancy was significantly smaller in the Group WM ( $27.66 \pm 9.85 \mu$ m) and Group MS ( $28.88 \pm 10.13 \mu$ m) than in the Group RP ( $38.09 \pm 11.14 \mu$ m). Mean cervical discrepancy was significantly smaller in the Group MS than in the Group RP. Mean axial discrepancy was significantly smaller in the Group WM and Group MS than in the Group RP and Group SLM. Mean incisal discrepancies was significantly smaller in the Group RP than in all other groups. **Conclusion:** The marginal and axial discrepancies of the Co-Cr coping fabricated by the Wax pattern milling and Milling/Sintering method were better than those of the other groups. The marginal, cervical and axial fit of Co-Cr copings in all groups are within a clinically acceptable range. (*J Korean Acad Prosthodont* 2019;57:211-8)

**Keywords:** CAD/CAM; Crowns; Dental marginal adaptation; Dental internal adaptations

## 서론

금속 도재 수복물은 1950년대에 금합금에 도재를 결합하는 방법이 개발되면서 끊임없이 연구와 발전이 이루어지고 있으며, 오늘날에는 심미적이면서 실용적인 고정성 국소 의치의 수복재료로써 널리 사용되고 있다.<sup>1,2</sup> 금속 도재 수복물은 기계적인 강

도를 부여하는 금속하부구조물(주조체) 상에 도재를 소성하여 제작한다. 금속하부구조물은 전통적으로 왁스 납형을 매몰 후 소환하여 주조하는 방식으로 제작한다. 여기에 사용되는 치과용 주조합금은 크게 귀금속 합금, 비귀금속 합금으로 나뉜다. 비귀금속 합금은 대표적으로 Ni-Cr 합금, Co-Cr 합금이 사용되고 있다. 그 중에서 Ni-Cr 합금은 Co-Cr 합금에 비해 작업, 조정 및 마

\*Corresponding Author: Yu-Lee Kim

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Wonkwang University

#460 Iksan-Daero, Iksan 54538, Republic of Korea

+82 (0)63 859 2938; e-mail, pro11@wku.ac.kr

Article history: Received March 5, 2019 / Last Revision April 10, 2019 / Accepted April 23, 2019

※이 논문은 2019학년도 원광대학교 교보지원에 의해서 연구됨.

©2019 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/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

무리 과정이 용이하다는 장점이 있으나, 호흡기 독성, 접촉 시 알러지 반응 등의 단점이 있다. 이에 반해 Co-Cr 합금은 Ni-Cr 합금에 비해 생체적합성이 우수하다는 장점이 있다.<sup>3,4</sup>

컴퓨터를 이용한 설계 및 제작 자동화 시스템, 즉 Computer aided design/Computer aided manufacturing (CAD/CAM) 시스템이 치과보철물 제작에 적용되고 있다. 이는 치과보철물 제작 패러다임의 전환을 일으켰고,<sup>2,5</sup> 이미 고정성 국소 의치 분야에서 일상적으로 이용되고 있다.<sup>6</sup> 이와 더불어 최근에는 금속을 Printing하는 Selective laser melting (SLM)법과 금속을 Milling 한 후 Sintering하는 방법의 등장으로, 기존의 수복물 주조과정의 생략하는 수준에 이르렀다.<sup>4</sup> 이러한 CAD/CAM 시스템은 스캐너로 지대치를 스캔하여 얻은 파일 상에서 수복물을 설계하고 제작하기 때문에, 제작비용과 시간을 단축할 수 있고 수정 및 추후 재제작이 용이하다.<sup>7</sup> 그러나 CAD/CAM 시스템은 스캔, 디자인, 밀링, 열처리 등의 제작과정에서 보철물의 오차가 발생할 수 있으며 이는 보철물의 적합도에 영향을 미친다.<sup>8</sup> 변연 적합도가 부적절할 경우 치대 축적으로 인한 이차우식이나 치주질환의 원인이 되고,<sup>9</sup> 시멘트 용해로 인한 미세누출의 증가로 이차우식, 변색, 치수염을 일으키기도 한다.<sup>10,11</sup>

보철물의 적합도는 지대치를 인상체로 정확히 옮기는 것부터 시작한다. 근래에 널리 소개되어 있는 디지털 인상채득법은 크게 두가지로 나뉘며, 구강 스캐너를 이용하는 방법과 모델 스캐너를 이용하는 방법이 있다. 모델 스캐너를 이용하는 방법은 여전히 환자에게 불편한 전통적인 인상채득과정을 거쳐야 하며, 실리콘 인상채득, 초경석고 모형 작업 과정에서 오차가 발생할 가능성이 존재한다.<sup>12</sup> 반면, 구강 스캐너를 이용한 방법은 숙련될 경우 전통적인 인상채득법보다 시간을 절약할 수 있으며, 환자의 선호도도 높다. 그러나 구강 내 타액이나 혈액을 완전히 조절하지 못할 경우 오차가 발생할 수 있으며, 치은 연하 변연을 형성한 경우나 개구제한이 있을 경우에는 적용하기 어렵다.<sup>13</sup>

내면 적합도를 평가하는 방법은 절단면 측정법(Cross-sectional method), 실리콘 복제법(Silicone replica technique), 3D 스캔 데이터 중첩법(Superimposition of 3D scan data), 무게 측정법(Weight technique), Micro-Computerized tomography (micro-CT)를 이용한 방법 등 여러 가지가 있다.<sup>14</sup> 가장 정확한 방법은 수복물을 다이에 합착한 뒤 절단하여 관찰하는 절단면 측정법이라는 연구결과가 있으나, 시편 당 관찰 지점이 제한적이고, 시편을 절단하여야 하는 파괴적인 방법이라는 단점이 있다.<sup>9</sup> 실리콘 복제법(Silicone replica technique)은 상기한 절단면 측정법과 비교 시 차이를 보이지 않는 방법으로 알려져 있고, 수복물을 절단할 필요가 없고, 쉽고, 상대적으로 간단한 방법으로 많은 연구에서 이용하고 있다.<sup>15</sup> 다만, 변연부를 확인하기 어렵고, 측정지점에 기포가 함입될 가능성이 있으며, 보철물 제거 중 인상재가 찢길 수 있다는 단점이 있다.<sup>16</sup>

본 연구의 목적은 CAD/CAM 방식으로 제작한 4가지 금속하부구조물(Wax pattern milling & Casting, Resin pattern 3D Printing & casting, Milling & Sintering, Selective laser melting)

의 변연 및 내면 적합도를 비교 평가하는 것이다. 4가지 방법으로 제작한 금속하부구조물 간의 내면 적합도는 유의한 차이는 없을 것이라고 귀무가설을 설정했다.

## 재료 및 방법

상악 중절치 레진모형치아(A5AN-500, Nissin Dental Products, Kyoto, Japan)를 다이아몬드 버(Diamond Point FG, shofu, Kyoto, Japan)를 이용해 절단면은 2 mm를 삭제하고 폭 1 mm의 Shoulder 변연을 12°의 taper로 형성하였다.<sup>17</sup> 이를 실리콘 인상재(Honigum-Light, DMG, Hamburg, Germany)로 인상을 채득한 후, 인상체에 왁스를 주입하고 매몰하여 Ni-Cr 합금(Remanium CS, Dentaureum, Pforzheim, Germany)으로 주조하여 표준모형을 제작하였다 (Fig. 1).<sup>18</sup>

제작한 금속 모형 상에 금속 지대치의 빛 반사를 줄이기 위해 이산화 티타늄 입자의 스프레이(EASY SCAN, PD Dental, Seoul, Korea)로 지대치를 완전히 도포하였다. 그 후 공조점 현미경방식의 구강 스캐너(Trios 3, 3shape, Copenhagen, Denmark)를 이용해 12개의 standard triangulated language (STL) 파일을 얻었다. CAD 프로그램(Ceramill Mind, Amann Girrbach AG, Koblach, Austria) 상에서 STL 파일 다이에 변연에서 1 mm 상방에 50  $\mu$ m의 시멘트 공간을 부여한 두께 0.5 mm의 금속하부구조물을 디자인하였다 (Fig. 2).<sup>19</sup> Co-Cr 금속하부구조물은 다음 4가지 방법으로 제작하였다: Wax pattern milling & Casting, Resin pattern 3D Printing & casting, Milling & Sintering, Selective laser melting (SLM). 사용한 Co-Cr 합금의 상품명, 제조사 및 성분표를 표로 정리하였다 (Table 1).

1) Wax pattern milling & Casting (WM군): 왁스 블록(Ceramill WAX white, Amann Girrbach AG, Koblach, Austria)을 Milling machine (Ceramill motion 2, Amann Girrbach AG, Koblach, Austria)으로 건조 밀링하여 왁스 납형을 제작하였다. 주입선을 달고 계면활성제(WAX CLEANER SPRAY, SHOFU, Kyoto, Japan)를 도포한 뒤, 인산염계 매몰재(UNI VEST NON-PRECIOUS, SHOFU, Kyoto, Japan)로 매몰하였다. 왁스를 소

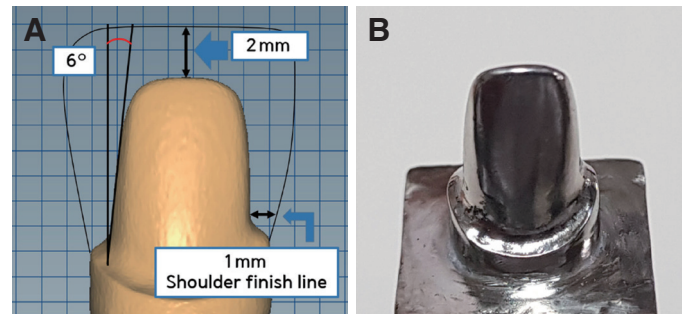
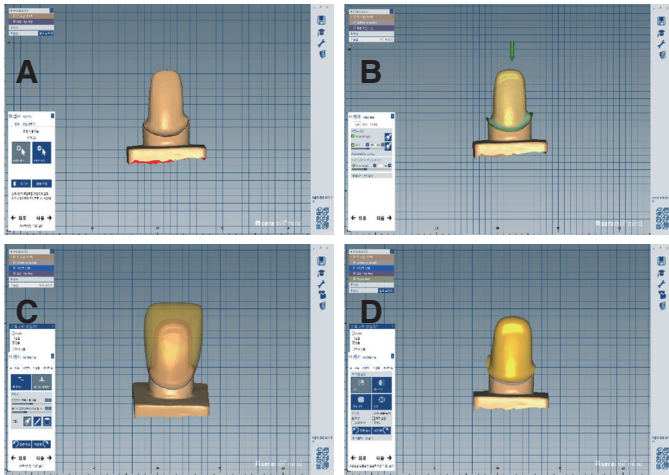


Fig. 1. Standardized model was fabricated with casting Ni-Cr alloy. (A) Labial view of master die for maxillary central incisor, (B) Duplicated metal die.



**Fig. 2.** CAD/CAM metal coping design process. (A) Margin line, (B) 50  $\mu\text{m}$  of virtual cement spacer at 1 mm above the margin, (C) Design of full crown, (D) Completed design of metal coping.



**Fig. 3.** Metal copings fabricated by Selective laser melting (SLM) technique.

**Table 1.** Co-Cr alloy systems used for metal coping fabrication

Method	Product	Manufacturer	Composition (wt%)
Casting	StarLoy C	DeguDent	Co 59.4, Cr 24.5, W 10, Nb 2, V 2, Mo 1, Si 1, Fe 0.1
Milling & Sintering	Ceramill Sintron	Amann Girrback AG	Co 66, Cr 28, Mo 5, Si < 1, Fe < 1, Mn < 1
SLM	EOS Cobalt Chrome SP2	EOS GmbH	Co 63.8, Cr 24.7, W 5.4, Si 1, Mo 5.1, Mn 0.1

환하기 위하여 소환로(KDF 008EX, DENKEN-HIGHDENTAL Co., Kyoto, Japan)에 넣고 최종 850°C까지 상승시키고 1시간 동안 유지하였다. 원심주조기를 이용하여 Co-Cr 합금(StarLoy C, Degudent, Hanau-Wolfgang, Germany) 주조 한 뒤, 잔여 매물재와 주입선, 기포를 제거하고 110  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Cobra, Renfert GmbH, Hilzingen, Germany) 입자로 0.2 MPa 압력 하에서 샌드 블라스팅 처리하여 금속하부구조물을 제작하였다.

2) Resin pattern 3D Printing & casting (RP군): Digital light processing (DLP) 방식의 3D 프린터(Hunter, Flashforge, Jinhua, China)에 레진용액(NextDent C&B, NextDent B.V., Soesterberg, Netherlands)을 채웠다. resin pattern을 출력한 후 광중합하지 않은 상태로 주입선을 달아 매물한 후 소환하여 Co-Cr 합금(StarLoy C, Degudent, Hanau-Wolfgang, Germany) 주조 금속하부구조물을 제작하였다. 매물, 소환, 주조 과정은 WM군과 동일하였다.

3) Milling & Sintering (MS군): 금속 블록(Ceramill Sintron, Amann Girrback AG, Koblach, Austria)을 Milling machine (Ceramill motion 2, Amann Girrback AG, Koblach, Austria)을 이용하여 건식 밀링한 뒤, 아르곤 가스 하에서 소결로(HTS-1/M/Metal-100, Mihm-vogt GmbH & Co KG, Stutensee-Blanken-

loch, Germany)에서 소결하여 Co-Cr 금속하부구조물을 제작하였다.

4) Selective laser melting (SLM군): Co-Cr 금속 가루(EOS Cobalt Chrome SP2, EOS GmbH, Krailling, Germany)를 SLM 방식의 3D 프린터(DAVID 1.0, Merain, Incheon, Korea)를 이용하여 레이저 직경 32  $\mu\text{m}$ 로 출력하여 Co-Cr 금속하부구조물을 제작하였다 (Fig. 3).

내면 적합도를 측정하기 위해 실리콘 복제법을 이용하였다.<sup>15</sup> 먼저 제작된 금속하부구조물 내면을 저점도의 실리콘 인상재(Examixfine injection type, GC, Tokyo, Japan)로 채우고 금속 지대치에 위치시켰다. 수압으로 누르고, 5분간 경화시켰다.<sup>2,4</sup> Light body silicone막 내부에 Regular body의 실리콘 인상재(Examixfine regular type, GC, Tokyo, Japan)를 채우고 경화시켰다. 실리콘 인상재를 절단면에서 내려다보는 방향에서, 타원의 네 꼭짓점에 해당하는 각 면 상에 중심에서 가장 먼 점을 표기하였다. 블레이드를 이용하여 각 점을 순설면과 근원심면으로 수직으로 절단하여 4등분 하였다. Holmes 등<sup>20</sup>이 제안한 방법에 따라 15개의 기준점 (Fig. 4)을 Stereomicroscope (JTZ-7XT, Samwon, Korea)로 160배의 배율로 관찰하여 디지털카메라(Digital sight DS-5M, Nikon, Japan)와 화상분석기(Digital sight DS-L1,

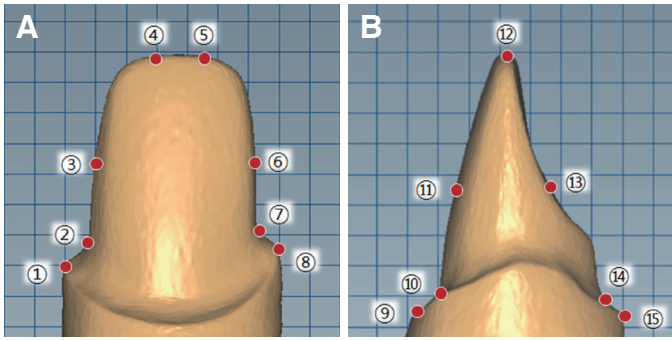


Fig. 4. (A) Reference points on the mesiodistal plane, (B) Reference points on the labiopallatal plane.

Nikon, Japan)를 이용하여 Examixfine injection type에 해당하는 실리콘 부분의 두께를 수직으로 측정하였다 (Fig. 5). 총 15 개의 기준점을 다음과 같이 나누었다. (1) 변연 적합도(Marginal gap, MG) - 1,8,9,15. (2) 치경부 적합도(Cervical gap, CG) - 2,7,10,14. (3) 측면 적합도(Axial gap, AG) - 3,6,11,13. (4) 절단면 적합도(Incisal gap, IG) - 4,5,12.

측정한 결과값은 Windows용 SPSS 통계 프로그램(SPSS v20.0, IBM, Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)으로 통계처리하고, 사후검정으로 Scheffe test를 시행하였으며, 5% 유의수준으로 평가하였다( $\alpha = .05$ ).

## 결과

각 군에서 측정한 변연 간격(MG - 1,8,9,15)의 평균값을 서로 비교한 결과, WM군( $27.66 \pm 9.85 \mu\text{m}$ )과 MS군( $28.88 \pm 10.13 \mu\text{m}$ )이 RP군( $38.09 \pm 11.14 \mu\text{m}$ )에 비해 통계적으로 유의하게 작았다 ( $P < .05$ ). SLM군( $36.64 \pm 12.94 \mu\text{m}$ )은 통계적으로 다른 군과 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 2, Fig. 6).

치경부 간격(CG - 2,7,10,14)의 평균값을 서로 비교한 결과, MS군( $50.59 \pm 14.42 \mu\text{m}$ )이 RP군( $76.06 \pm 38.01 \mu\text{m}$ )에 비해 통계적으로 유의하게 작았다 ( $P < .05$ ). WM군( $57.13 \pm 20.97 \mu\text{m}$ )과 SLM군( $70.44 \pm 21.89 \mu\text{m}$ )은 통계적으로 다른 군과 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 2, Fig. 7).

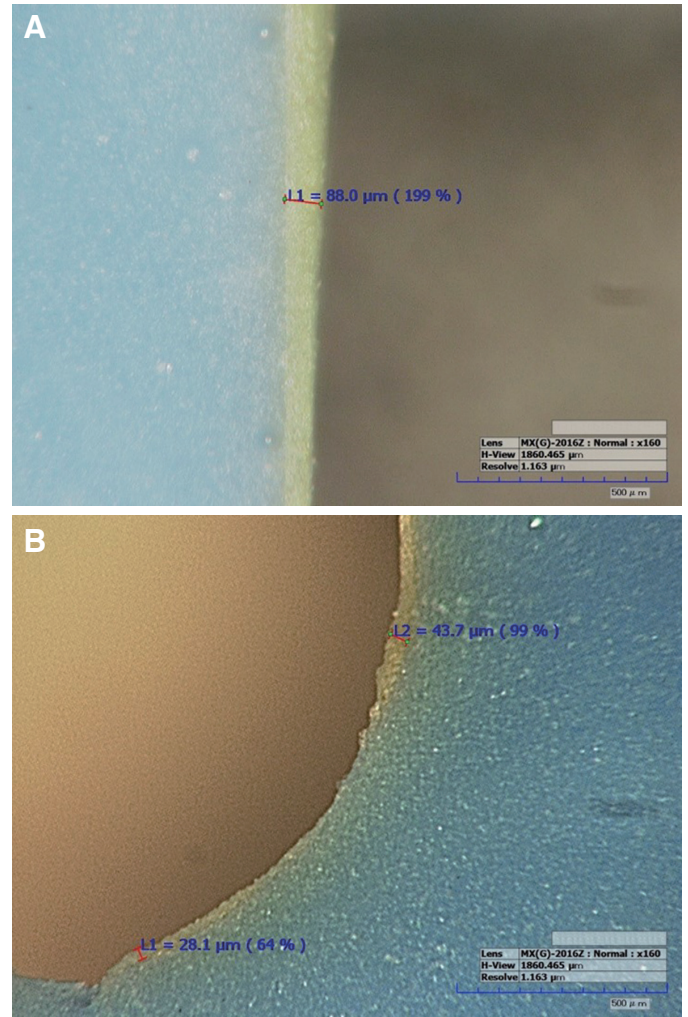


Fig. 5. (A) Replica sections were observed at the axial point with a stereomicroscope at  $\times 160$  magnification, (B) Replica sections were observed at the marginal and cervical points with a stereomicroscope at  $\times 160$  magnification.

측면 간격(AG - 3,6,11,13)의 평균값을 서로 비교한 결과, WM군( $68.10 \pm 20.05 \mu\text{m}$ )과 MS군( $71.83 \pm 16.29 \mu\text{m}$ )이 RP군( $94.95 \pm 27.89 \mu\text{m}$ )과 SLM군( $88.08 \pm 20.18 \mu\text{m}$ )에 비해 통계적으로 유의하게 작았다 ( $P < .05$ ) (Table 2, Fig. 8).

Table 2. Results (mean  $\pm$  SD) of measured gap according to four different locations ( $\mu\text{m}$ )

Group	MG	CG	AG	IG
WM	27.66 ( $\pm 9.85^b$ )	57.13 ( $\pm 20.97^{a,b}$ )	68.10 ( $\pm 20.05^b$ )	174.65 ( $\pm 41.91^a$ )
RP	38.09 ( $\pm 11.14^b$ )	76.06 ( $\pm 38.01^b$ )	94.95 ( $\pm 27.89^b$ )	136.12 ( $\pm 34.85^b$ )
MS	28.88 ( $\pm 10.13^a$ )	50.59 ( $\pm 14.42^a$ )	71.83 ( $\pm 16.29^a$ )	178.38 ( $\pm 45.05^a$ )
SLM	36.64 ( $\pm 12.94^{a,b}$ )	70.44 ( $\pm 21.89^{a,b}$ )	88.08 ( $\pm 20.18^b$ )	165.68 ( $\pm 38.61^a$ )

MG, Marginal discrepancy; CG, Cervical discrepancy; AG, Axial discrepancy; IG, Incisal discrepancy. Different superscript letters in the same column show statistically significant differences ( $P < .05$ ).

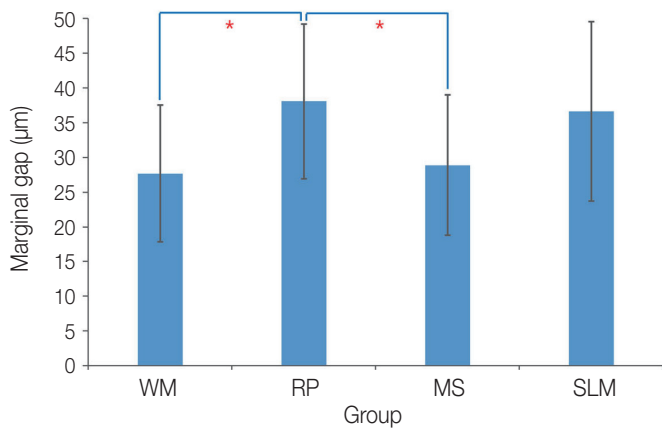


Fig. 6. Mean and standard deviation of marginal discrepancies of four experimental groups.

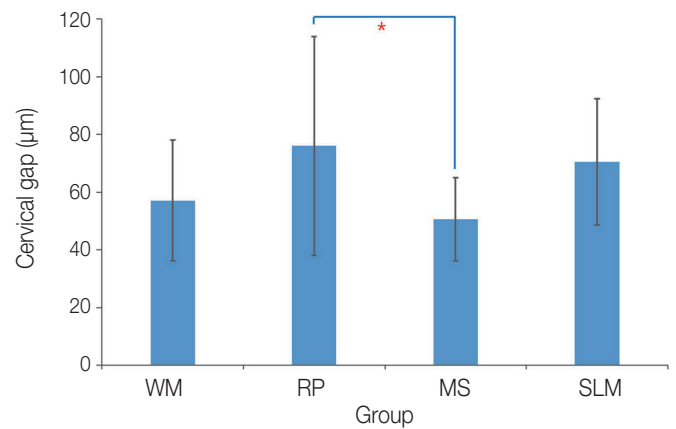


Fig. 7. Mean and standard deviation of cervical discrepancies of four experimental groups.

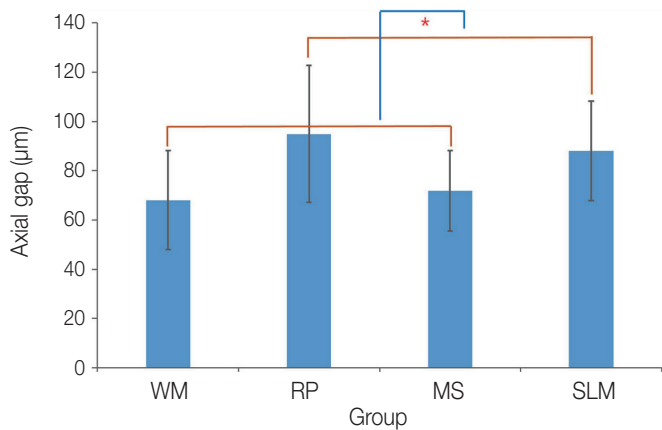


Fig. 8. Mean and standard deviation of Axial discrepancies of four experimental groups.

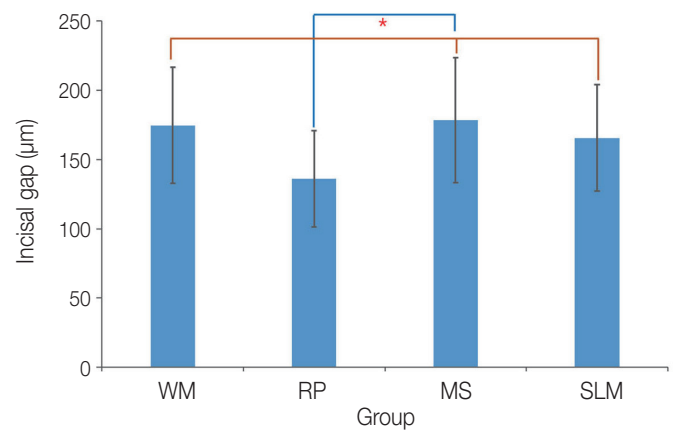


Fig. 9. Mean and standard deviation of incisal discrepancies of four experimental groups.

절단면 간격(IG - 4, 5, 12)의 평균값을 서로 비교한 결과, RP군( $136.12 \pm 34.85 \mu\text{m}$ )이 다른 군들{WM군( $174.65 \pm 41.91 \mu\text{m}$ ), MS군( $178.38 \pm 45.05 \mu\text{m}$ ), SLM군( $165.68 \pm 38.61 \mu\text{m}$ )}에 비해 통계적으로 유의하게 작았다 ( $P < .05$ ) (Table 2, Fig. 9).

## 고찰

변연과 내면 적합도는 고정성 국소 의치의 성공에 있어 가장 중요한 요소들 중에 하나이다.<sup>2,9-11</sup> Christensen<sup>21</sup>은 이상적인 변연 적합도가  $40 \mu\text{m}$ 라고 하였고, Hung 등<sup>22</sup>은  $50 - 75 \mu\text{m}$ 를 임상적으로 받아들일 수 있다고 하였다. Kashani 등<sup>23</sup>은  $100 \mu\text{m}$ 를 초과하는 경우에는 임상적으로 받아들이기 어렵다고 하였다. McLean<sup>24</sup>은 5년 이상 구내에서 기능한 1000개의 보철물을 조사해  $120 \mu\text{m}$  이하가 임상적으로 받아들여 질 수 있다고 보고하였다. 실제로는 이상적인 상황에서의 변연 적합도는 실제 임상에서는 만족시키기 어려우며, 현재 여러 문헌들에서 임상적으로 받

아들일만한 최대의 변연 간극을  $100 - 120 \mu\text{m}$ 로 보고 있다.<sup>2,4</sup> 내면 적합도의 경우에서 Jorgensen과 Esbensen<sup>25</sup>은  $140 \mu\text{m}$  이상인 경우 유의한 유지력 감소를 보인다고 보고하였고, Passon 등<sup>26</sup>은 시멘트 두께가 약  $151 \mu\text{m}$ 인 경우에도 유지력의 유의한 변화는 없다고 하였다. Grey 등<sup>27</sup>은 금속도재관과 2 종류의 완전도재관을 비교한 논문에서  $123 - 154 \mu\text{m}$ 의 시멘트 두께에서도 충분한 압축강도를 보였다고 하였다.

본 연구에서 4가지 방법으로 제작한 금속하부구조물의 변연 적합도는 WM군이  $27.66 \pm 9.85 \mu\text{m}$ , MS군이  $28.88 \pm 10.13 \mu\text{m}$ 으로, RP군의  $38.09 \pm 11.14 \mu\text{m}$ 에 비해 통계적으로 유의하게 작았고, SLM군은  $36.64 \pm 12.94 \mu\text{m}$ 로 통계적으로 다른 군들과 유의한 차이를 보이지 않았다. Kim 등<sup>4</sup>의 연구에서는 Milling/Sintering법, Conventional wax casting법, Selective laser melting법의 순서대로 변연 간극이 커짐을 보고하였다. 이는 본 연구와 비슷한 결과로 3D 프린터로 제작한 금속하부구조물의 정확도가 부족한 결과를 보여주었다.

고정성 국소 의치 보철물 내면에 시멘트 공간을 부여하는 것은 수복물과 지대치 사이의 조기 접촉을 막고, 잉여 시멘트가 빠져나와 피막도가 지나치게 두꺼워 지는 것을 막는 역할을 한다. 전통적인 제작방법에서 지대치와 보철물 사이의 시멘트 공간은 die 상에 spacer를 도포하여 얻는다. CAD/CAM 방식으로 제작할 때의 시멘트 공간은 프로그램 상에서 술자가 입력한 값에 따라 조정된다. 이 값의 차이에 따라 변연 및 내면 적합도에 차이가 있다는 연구결과들이 보고된 바 있다. Iwai 등<sup>28</sup>의 연구에서는 60  $\mu\text{m}$ 의 시멘트 공간을 설정하였을 때 변연 및 내면 적합도가 가장 우수하다고 하였다. Kale 등<sup>19</sup>의 연구에서 50  $\mu\text{m}$ 의 시멘트 공간을 설정하였을 때 변연 적합도가 가장 우수하다고 하였다. 시멘트 공간이 증가할수록 적합도가 개선되는 경향을 보였다. 따라서 본 연구에서는 보다 개선된 적합도 수치를 얻기 위해 기존 연구들에서 채택한 30  $\mu\text{m}$ 의 시멘트 공간<sup>2,29</sup>보다 증가한 50  $\mu\text{m}$ 의 시멘트 공간을 설정하였다.

CAD/CAM을 위한 디지털 인상채득법은 구강 스캐너를 이용하는 방법과 모델 스캐너를 이용하는 방법으로 나뉜다. Keul 등<sup>30</sup>은 구강 스캐너와 모델 스캐너를 이용해 제작한 Co-Cr과 지르코니아 고정성 국소 의치의 변연 적합도 비교 연구에서 Co-Cr군에서는 구강 스캐너를 이용했을 때 변연 적합도가 더 우수하였다고 하였다. Svanborg 등<sup>31</sup>은 전통적인 인상채득법과 구강 스캐너를 이용해 제작한 Co-Cr 고정성 국소 의치의 변연 및 내면 적합도를 비교한 연구에서 구강 스캐너군의 변연 및 내면 적합도가 더 우수하였다고 보고하였다. Park<sup>32</sup>은 5가지 구강 스캐너를 비교한 논문에서 Trios (2nd generation, 3shape, Copenhagen, Denmark)군이 우수한 정확도를 보였다고 하였고, 특히 단일 치관 스캔에서 실제 수치와의 일치 하는 정도를 뜻하는 Trueness가 가장 우수하였다고 하였다. Imburgia 등<sup>33</sup>은 4가지 구강 스캐너를 비교하여 임플란트 인상채득을 시행한 논문에서 부분무치악 모형에서 Trios 3 (3Shape, Copenhagen, Denmark)군이 CS3600 (Carestream, Rochester, NY, USA)군에 이어 두 번째로 정확하였다고 하였고, 부분무치악과 무치악 스캔 간 차이가 가장 적었다고 하였다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 Trios 구강 스캐너를 이용하여 단일 치관용 금속하부구조물을 제작하였다.

3D 프린터 중 Digital light processing (DLP) 방식은 액체 상태의 광경화성 수지에 빔프로젝터로 자외선을 투사하여 적층시켜 제작하는 방식으로, 복잡한 형태의 3차원 데이터를 바로 출력할 수 있다. 본 연구에서 사용한 레진 3D Printing system은 임시 및 최종 레진관을 제작하기 위한 것으로 출력 후 Post curing을 시행하도록 되어 있고, 이 과정에서 중합수축이 일어난다. 본 실험에서는 레진 납형을 소환하기 위하여 Post curing 하지 않고 곧바로 매몰하여 주조하였다. Post curing을 시행하지 않음으로써 오차가 발생할 가능성이 존재한다. Osman 등<sup>34</sup>은 DLP 방식의 3D 프린터를 이용하여 레진관을 다양한 각도로 기울여가며 출력한 결과, 135°에서 가장 이상적인 체적 정확도와 적합도 분포를 보인다고 보고하였다. 본 연구에서는 SLM 방식으로 제작한 금속하부구조물과 동일하게 180°의 각도로 제작하였다. 이러한

각도 차이로 인한 오차가 발생할 가능성도 존재하며, 실제 보철물 제작 시에도 영향을 미치는 지에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

본 연구가 갖는 한계점들은 다음과 같다. 먼저 구강 스캐너를 이용하여 인상을 채득하는 과정에서 오차가 발생할 수 있다. 본 연구에서 제작한 금속 표준 모형은 재료의 특성 상 빛 반사가 커 이산화 티타늄 스프레이를 도포하였는데, 파우더의 적용에 따라 오차가 발생할 수 있다. CAD/CAM을 이용한 보철물 제작 시 디자인, 절삭, 출력, 조결 등의 과정에서 오차가 발생할 수 있으며, 주조 과정에서도 오차가 발생한다. 본 연구에서는 오차를 최소화하기 위하여 디자인 및 제작을 한 명의 숙련된 기공사가 시행하도록 하였다. 본 연구에서는 실제 임상상황의 재연을 위해 실리콘 복제법(Silicone replica technique)을 적용할 때 수압을 적용하여 실험하였으나 정하중기를 이용하였을 때 보다 측정값의 편차가 발생할 가능성이 높을 것으로 보인다. 또한, 본 연구에서는 금속하부구조물을 제작한 시점의 적합도를 비교 평가하였으나, 실제 임상에서는 도재 소성이 이루어지므로 도재 소성 전과 후를 비교하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 결론

본 연구는 CAD/CAM 방식으로 제작한 4종류의 Co-Cr 금속하부구조물의 변연 및 내면 적합도를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Co-Cr 금속하부구조물의 변연 적합도는 WM군과 MS군이 RP군보다 우수하였다.
2. Co-Cr 금속하부구조물의 치경부 적합도는 MS군이 RP군보다 우수하였다.
3. Co-Cr 금속하부구조물의 측면 적합도는 WM군과 MS군이 RP군과 SLM군보다 우수하였다.
4. Co-Cr 금속하부구조물의 절단면 적합도는 RP군이 나머지 세 군보다 작은 수치를 보였다.
5. 모든 군의 Co-Cr 금속하부구조물의 변연, 치경부, 측면 적합도는 임상적으로 허용할만한 범위 내에 있었다.

## ORCID

Seung-Jin Jeong <https://orcid.org/0000-0003-2271-4111>

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

Ji-Hye Jung <https://orcid.org/0000-0003-3322-4011>

Jeong-Mi Kim <https://orcid.org/0000-0001-5462-2145>

Yu-Lee Kim <https://orcid.org/0000-0003-1350-5895>

## References

1. Johnston JF, Dykema RW, Cunningham DM. Porcelain veneers bonded to gold castings-A progress report. J Prosthet

- Dent 1958;8:120-2.
2. Kocağaoglu H, Kılınç Hİ, Albayrak H, Kara M. In vitro evaluation of marginal, axial, and occlusal discrepancies in metal ceramic restorations produced with new technologies. J Prosthet Dent 2016;116:368-74.
3. Kane LM, Chronaios D, Sierraalta M, George FM. Marginal and internal adaptation of milled cobalt-chromium copings. J Prosthet Dent 2015;114:680-5.
4. Kim EH, Lee DH, Kwon SM, Kwon TY. A microcomputed tomography evaluation of the marginal fit of cobalt-chromium alloy copings fabricated by new manufacturing techniques and alloy systems. J Prosthet Dent 2017;117:393-9.
5. Bidra AS, Taylor TD, Agar JR. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. J Prosthet Dent 2013;109:361-6.
6. Poggio C, Pigozzo M, Ceci M, Scribante A, Beltrami R, Chiesa M. Influence of different luting protocols on shear bond strength of computer aided design/computer aided manufacturing resin nanoceramic material to dentin. Dent Res J (Isfahan) 2016;13:91-7.
7. Christensen GJ. The state of fixed prosthodontic impressions: room for improvement. J Am Dent Assoc 2005;136:343-6.
8. 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.
9. Chan C, Weber H. Plaque retention on teeth restored with full-ceramic crowns: a comparative study. J Prosthet Dent 1986;56:666-71.
10. Baig MR, Tan KB, Nicholls JJ. Evaluation of the marginal fit of a zirconia ceramic computer-aided machined (CAM) crown system. J Prosthet Dent 2010;104:216-27.
11. Goldman M, Laosonthorn P, White RR. Microleakage-full crowns and the dental pulp. J Endod 1992;18:473-5.
12. DeLong R, Pintado MR, Ko CC, Hodges JS, Douglas WH. Factors influencing optical 3D scanning of vinyl polysiloxane impression materials. J Prosthodont 2001;10:78-85.
13. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. Clin Oral Investig 2013;17:1759-64.
14. Lee H, Lee DH, Lee KB. In vitro evaluation methods on adaptation of fixed dental prosthesis. J Dent Rehabil Appl Sci 2017;33:63-70.
15. 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.
16. Wolfart S, Wegner SM, Al-Halabi A, Kern M. Clinical evaluation of marginal fit of a new experimental all-ceramic system before and after cementation. Int J Prosthodont 2003;16:587-92.
17. Song TJ, Kwon TK, Yang JH, Han JS, Lee JB, Kim SH, Yeo IS. Marginal fit of anterior 3-unit fixed partial zirconia restorations using different CAD/CAM systems. J Adv Prosthodont 2013;5:219-25.
18. Cho L, Song H, Koak J, Heo S. Marginal accuracy and fracture strength of ceromer/fiber-reinforced composite crowns: effect of variations in preparation design. J Prosthet Dent 2002;88:388-95.
19. Kale E, Seker E, Yilmaz B, Özcelik TB. Effect of cement space on the marginal fit of CAD-CAM-fabricated monolithic zirconia crowns. J Prosthet Dent 2016;116:890-5.
20. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. J Prosthet Dent 1989; 62:405-8.
21. Christensen GJ. Marginal fit of gold inlay castings. J Prosthet Dent 1966;16:297-305.
22. Hung SH, Hung KS, Eick JD, Chappell RP. Marginal fit of porcelain-fused-to-metal and two types of ceramic crown. J Prosthet Dent 1990;63:26-31.
23. Kashani HG, Khera SC, Gulker IA. The effects of bevel angulation on marginal integrity. J Am Dent Assoc 1981;103:882-5.
24. McLean JW. Polycarboxylate cements. Five years' experience in general practice. Br Dent J 1972;132:9-15.
25. Jorgensen KD, Esbensen AL. The relationship between the film thickness of zinc phosphate cement and the retention of veneer crowns. Acta Odontol Scand 1968;26:169-75.
26. Passon C, Lambert RH, Lambert RL, Newman S. The effect of multiple layers of die-spacer on crown retention. Oper Dent 1992;17:42-9.
27. Grey NJ, Piddock V, Wilson MA. In vitro comparison of conventional crowns and a new all-ceramic system. J Dent 1993;21:47-51.
28. Iwai T, Komine F, Kobayashi K, Saito A, Matsumura H. Influence of convergence angle and cement space on adaptation of zirconium dioxide ceramic copings. Acta Odontol Scand 2008;66:214-8.
29. Vojdani M, Torabi K, Farjood E, Khaledi A. Comparison the marginal and internal fit of metal copings cast from wax patterns fabricated by CAD/CAM and conventional wax up techniques. J Dent (Shiraz) 2013;14:118-29.
30. Keul C, Stawarczyk B, Erdelt KJ, Beuer F, Edelhoff D, Güth JF. Fit of 4-unit FDPs made of zirconia and CoCr-alloy after chairside and labside digitalization-a laboratory study. Dent Mater 2014;30:400-7.
31. Svanborg P, Skjerven H, Carlsson P, Eliasson A, Karlsson S, Ortorp A. Marginal and internal fit of cobalt-chromium fixed dental prostheses generated from digital and conventional impressions. Int J Dent 2014;2014:534382.
32. Park JM. Comparative analysis on reproducibility among 5 intraoral scanners: sectional analysis according to restoration type and preparation outline form. J Adv Prosthodont 2016;8: 354-62.
33. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. BMC Oral Health 2017;17:92.
34. Osman RB, Alharbi N, Wismeijer D. Build angle: Does it influence the accuracy of 3D-printed dental restorations using digital light-processing technology? Int J Prosthodont 2017;30:182-8.

# 다양한 CAD/CAM 방식으로 제작한 금속하부구조물 간의 변연 및 내면 적합도 비교 연구

정승진<sup>1</sup> · 조혜원<sup>1</sup> · 정지혜<sup>1</sup> · 김정미<sup>2</sup> · 김유리<sup>1\*</sup>

원광대학교 <sup>1</sup>치과대학 치과보철학교실, <sup>2</sup>치과병원 치과기공실

**목적:** 본 연구에서는 CAD/CAM 기술로 제작한 4가지 금속하부구조물의 변연 및 내면 적합도를 비교하여 정확도 및 임상적 효용성을 알아보고자 한다.

**재료 및 방법:** 상악 중절치 레진모형치아를 삭제한 뒤 복제하여 Ni-Cr 합금 표준 모형을 제작하였다. 이를 공초점 현미경방식의 구강 스캐너를 이용해 12개의 STL 파일을 얻었다. CAD 프로그램 상에서 50  $\mu$ m의 시멘트 공간을 부여한 두께 0.5 mm의 금속하부구조물을 디자인하였다. Co-Cr 금속하부구조물은 다음 4가지 방법으로 제작하였다: Wax pattern milling & Casting (WM), Resin pattern 3D Printing & casting (RP), Milling & Sintering (MS), Selective laser melting (SLM). 변연 및 내면 적합도를 측정하기 위해 실리콘 복제법을 이용하였다. 측정된 결과값은 SPSS 통계 프로그램을 이용하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)으로 통계처리하고, 사후검정으로 Scheffe test를 시행하였으며, 5% 유의수준으로 평가하였다( $\alpha = .05$ ).

**결과:** 변연 적합도는 WM군( $27.66 \pm 9.85 \mu$ m)과 MS군( $28.88 \pm 10.13 \mu$ m)이 RP군( $38.09 \pm 11.14 \mu$ m)에 비해 통계적으로 유의하게 작았다. 치경부 적합도는 MS군이 RP군에 비해 통계적으로 유의하게 작았다. 측면 적합도는 WM군과 MS군이 RP군과 SLM군 보다 통계적으로 유의하게 작았다. 절단면 적합도는 RP군이 통계적으로 유의하게 작았다.

**결론:** Wax pattern milling & Casting, Milling & Sintering법으로 제작한 Co-Cr coping의 변연과 측면에서의 적합도가 더 우수하였다. 모든 군의 Co-Cr coping의 변연, 치경부, 측면 적합도는 임상적으로 허용할만한 범위 안에 있었다. (대한치과보철학회지 2019;57:211-8)

**주요단어:** 캐드캠; 금관; 변연적합도; 내면적합도

\*교신저자: 김유리

54538 전북 익산시 익산대로 460 원광대학교 치과대학 치과보철학교실

063 859 2938; e-mail, pro11@wku.ac.kr

원고접수일: 2019년 3월 5일 / 원고최종수정일: 2019년 4월 10일 / 원고채택일: 2019년 4월

23일

© 2019 대한치과보철학회

© 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 4.0 대한민국 라이선스에 따라  
이용하실 수 있습니다.

※이 논문은 2019학년도 원광대학교 교비지원에 의해서 연구됨.