

금속 밀링과 직접 금속 레이저 소결 방식으로 제작한 3본 코발트-크롬 구조물의 변연 및 내부 적합도 비교 평가

안재석, 이정환
광주보건대학 치기공학과

Comparative evaluation of marginal and internal fit of three-unit Co-Cr frameworks fabricated by metal milling and direct metal laser sintering methods

Jae-Seok Ahn, Jung-Hwan Lee

Department of Dental Lab Technology, Gwangju Health University

[Abstract]

Purpose: This in vitro study was conducted to evaluate the marginal and internal fit of three-unit Co-Cr frameworks fabricated by computer-aided metal milling and direct metal laser sintering(DMLS) systems in comparison to conventional casting method.

Methods: Three-unit Co-Cr frameworks were fabricated by conventional wax up with casting(CWC), computer-aided metal milling(MM) and direct metal laser sintering(DMLS)(n=10 each). The marginal and internal fit of specimens were examined using a light-body silicone impression material. The thickness of light-body silicone was measured at eight reference points each, divided in the mesio distal and bucco lingual directions. All measurements were conducted by a stereomicroscope. Digital photos were taken at 150× magnification and then analyzed using a measurement software. The Kruskal-Wallis test and Bonferroni correction were used for analyzing the results.

Results: The mean(SD) is μm for fabrication methods, the mean marginal fit were recorded respectively, DMLS 39(27), followed by CWC 63(38), MM 220(128). and the mean internal fit CWC 95(47), DMLS 116(49), MM 210(152). In addition, the largest gap was found in the occlusal surface area among the internal measurement areas of all groups.

Conclusion: As a result, the direct metal laser sintering method showed better marginal and internal fit than the metal milling method. The marginal and internal fit were statistically different according to the three fabrication methods($p<0.001$). Except the MM group, the marginal fit of the CWC and DMLS groups was below the clinical standard of 120 μm . Based on the results of this study, it can be applied to clinical use in the future.

● **Key words:** Computer-aided milling, Direct metal laser sintering, Marginal and internal fit, Marginal gap.

* 이 논문은 2019년도 광주보건대학 교내연구비의 지원을 받아 수행된 연구임.

Corresponding author	Name	안 재 석	Tel.	062-958-7693	E-mail	jsahn@ghu.ac.kr	
	Address	광주광역시 광산구 북문대로 419번길 73					
Received	2020. 3. 16		Revised	2020. 6. 11		Accepted	2020. 6. 18

1. 서론

주조용 귀금속의 가격 상승으로 치과분야에서는 비귀금속 합금의 사용이 증가하고 있다. 금속-도재용 비귀금속 합금으로는 nickel-chromium(Ni-Cr)과 cobalt-chromium(Co-Cr) 합금이 주로 사용되어왔다. Co-Cr 합금은 가철성 국소의치 구조물 제작을 위해 주로 사용되었지만(Viennot 등, 2006) 현재는 고정성 보철물에도 널리 사용되고 있으며, Ni-Cr 합금보다도 사용이 증가되고 있는 추세이다. 그의 주된 이유는 Co-Cr 합금은 Ni-Cr 합금에 비해서 부식에 대한 저항성이 높고, 잠재적인 과민반응이 적으며, 강성 또한 크기 때문이다(Tara 등, 2011). 금속-도재 수복물의 하부구조물을 제작하기 위한 전통적인 방식은 왁스를 태워 없앤 주형에 금속을 용융하여 주입(lost wax technique)하는 것이다. 이러한 전통적인 제작방식에서 납형 형성, 매몰, 주조와 같은 제작 단계는 적합도에 부정적인 영향을 줄 수 있다(Abduo 등, 2010). 따라서 최근 치과분야에서 주조 과정을 거치지 않고 컴퓨터를 이용하여 금속 구조물을 제작하는 방식들이 사용되고 있으며, 이러한 제작 방식의 수요는 점점 증가하고 있다. 그 대표적인 제작 방식이 컴퓨터를 이용한 금속 밀링(metal milling)과 직접 금속 레이저 소결(direct metal laser sintering, DMLS) 방식이다.

수복물의 유지에 대한 중요성에도 불구하고 크라운의 내부 적합도는 변연 적합도와 같은 정도로 연구되지 않았다. 내부 적합도는 축벽 및 교합 영역으로 나눌 수 있는데 특히 교합면 영역의 간격이 중요한 이유는 교합압과 같은 반복적인 힘이 가해질 때 베니어 세라믹의 균열이나 파절을 유발할 수 있기 때문이다(Rekow와 Thompson, 2005).

CAD/CAM(computer-aided design/computer-aided manufacturing)을 이용한 제작 방식에서는 왁스 패턴의 형성(waxing), 매몰과 주조의 과정을 생략하고 금속 블록을 직접 가공하여 정밀도를 높일 수 있는 가능성을 가지고 있다. 하지만 스캔 시스템의 한정된 해상도와 밀링 버(bur)의 최소 직경의 한계 때문에 예리한 모서리나 가장자리가 약간 둥글게 재현되는 결

과를 초래할 수 있으며, 이러한 결과는 절단면이나 교합면에서 적합 불량과 변연의 적합에도 유해한 영향을 줄 수 있다(Abduo 등, 2010). 또한 컴퓨터를 이용한 금속 블록 밀링 방식으로 제작된 단관의 변연 및 내부 적합도에 관한 선행 연구가 존재한다(Witkowski, 2005; Vojadani 등, 2013).

치과분야에 3D 프린팅 제작 방식이 도입된 이후 점점 관심이 증가하고 있다. 3D 프린팅 기술은 적층을 해가면서 구조물을 제작하는 방식으로 다수의 구조물을 단시간에 제작할 수 있다. 치과분야에서는 Digital Light Processing(DLP), PolyJet, Stereolithography Apparatus(SLA), Direct Metal Laser Sintering(DMLS) 등의 3D 프린팅 방식이 적용되고 있으며 각 시스템마다 사용되는 재료와 형상화 방식이 서로 다르다(Robert, 2012). 직접 금속 레이저 소결 방식은 금속 분말의 작은 입자를 녹일 수 있는 강력한 레이저를 이용하여 원하는 3차원 형상을 가진 물체로 한 층씩 추가하는 제작방식이다. 재료가 담겨 있는 작업대의 표면에 레이저를 조사하여 3차원 이미지의 윤곽을 선택적으로 소결시키게 된다. 한 층의 단면이 프린트되면 작업대는 생성된 층의 두께만큼 하강하게 되고, 그 위에 새로운 재료의 층이 쌓이게 된다. 이러한 과정은 제품이 완성될 때까지 반복된다(Robert, 2012). 이렇게 직접 금속 레이저 소결(DMLS) 방식 또한 컴퓨터를 이용한 제작방식이다. 직접 금속 레이저 소결 방식으로 제작된 단관의 변연 및 내부 적합도에 관한 선행 연구가 존재한다(Quante 등, 2008; Ucar 등, 2009; Bhaskaran 등, 2013).

이전의 고정성 수복물의 적합도에 관한 연구 대부분이 단관 위주이며, 변연 적합도에 치우쳐 있다. 따라서 금속 밀링 방식과 직접 금속 레이저 소결 방식으로 제작된 3본 교의치 구조물의 변연과 내부 적합도를 비교 평가함으로써 향후 임상적 적용에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구의 목적은 금속 밀링 방식과 직접 금속 레이저 소결 방식에 의해 제작된 3본 금속 구조물(Co-Cr)의 변연 및 내부 적합도를 기존의 주조 방식과 비교 평가하는 것이다.

본 연구의 귀무가설은 제작방식에 따라 변연과 내부에서 적합도의 차이가 없다는 것이다.

II. 연구 방법

1. 주모형의 설계 및 제작

본 연구에서는 덴티폼(Prosthetic restoration jaw model, Nissin dental products inc, Japan) 상악 제1소구치(#14)와 제1대구치(#16) 모형에 3본 금속-도재 수복물을 위한 지대치 삭제를 시행하였다. 교합면 1.5-2 mm, 측면 1.2-1.5 mm 및 삽입로는 6°의 경사도를 갖도록 삭제하였으며, 변연은 치은연을 따라 360°에 걸쳐 1 mm의 챔퍼(chamfer) 변연을 형성하였다. 완성된 지대치를 복제용 실리콘(Elite double 32 extra fast, Zhermack SpA, Italy)으로 복제한 후 실리콘 주형 안에 용융된 왁스(Yeti IQ Sculpturing Wax, Keystone Industries GmbH, Germany)를 주입하였다. 왁스가 경화된 후 통상적인 방법에 따라 매몰(uniVest plus, Cendres⁺metaux SA, Switzerland)하여 금속(NPG alloy, Aalba dent inc, USA)으로 주조하여 주모형(Fig. 1)을 완성하였다.

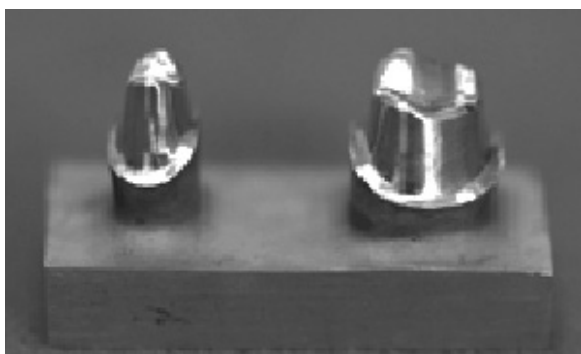


Figure 1. Labial view of Master model.

2. 작업모형의 제작

복제용 실리콘(Elite double 32 extra fast, Zhermack SpA, Italy)을 이용하여 금속 주모형을 복제하여 복제용 실리콘을 10개 제작하였으며, 복제된 실

리콘 주형에 사용설명서에 따라 모형 제작용으로 사용되는 폴리우레탄 레진(Polyurock, Cendres⁺metaux SA, Switzerland)을 주입하여 작업모형을 완성하였다. 제작된 모형은 군별로 10개씩, 총 30개의 모형을 제작하였다.

3. 금속 구조물의 제작

금속 밀링(MM)군과 직접 금속 레이저 소결(DMLS)군은 3D Scanner(3shape D700, 3shape A/S, Denmark)로 각각의 작업모형을 스캔하여 코어 두께 1 mm, 연결부 단면적 9 mm², 마진에서 0.5 mm 떨어진 지점부터 50 μm의 시멘트 공간을 갖도록 CAD소프트웨어(CAMbridge™, 3shape A/S, Denmark)를 사용하여 디자인하였다. 그 후 금속 밀링(MM)군은 치과용 5축 밀링 장비(Datron D5, Datron AG Mühlthal, Germany)를 사용하여 Co-Cr 합금 블랭크(Coprabond K, Whitepeaks Dental Solutions GmbH, Germany)를 삭제 가공하는 방식으로 제작하였다. 밀링에 사용된 최소 버(bur) 사이즈는 Ø1 mm 이다. 직접 금속 레이저 소결(DMLS)군은 CAD로 디자인된 파일을 레이저 소결 장비(Eosint M 270, EOS GmbH, Germany)를 이용하여 Co-Cr 합금 분말(EOS Cobalt-Chrome SP2, EOS GmbH, Germany)을 20~40 μm 두께로 소결하면서 층층이 쌓아올리는 방식으로 제작되었다.

Wax-up하여 주조하는 방식으로 제작된 CWC군은 CAD로 디자인된 다른 군들과 동일한 시멘트 공간을 부여하기 위해 20 μm의 다이 스페이서(Tecno skin, Smile line, St-Imier, Switzerland)를 두 번 도포한 후 10 μm의 다이 스페이서(Die spacer)를 추가로 한번 도포하였다. 그 다음 작업모형의 지대치에 왁스 분리제(Slick-Fit Die Lube pen, Talladium, Inc, USA)를 바르고 dip wax technique(Renfert hotty, Renfert GmbH, Germany)을 이용하여 dip wax(Super dipping type A, Hi-tech wax, USA)로 코핑을 형성하고 전기 조각도(Waxlectric II, Renfert GmbH, Germany)로 약 1 mm 두께가 되도록 왁스(Yeti

Table 1. Fabrication methods and used metal for three specimen groups

Code	Fabrication methods	Used materials	Manufacturer
CWC	Conventional wax up with casting	Wirobond C (Co-Cr)	Bego Medical GmbH, Germany
MM	Metal milling	Coprabond K (Co-Cr)	Whitepeaks Dental Solutions GmbH, & Co. KG, Germany
DMLS	Direct metal laser sintering	EOS Cobalt Chrome SP2	EOS GmbH, Germany

IQ Sculpturing Wax, Keystone Industries GmbH, Germany)을 첨가하였다. Wax-up하여 패턴을 완성 후 통상적인 매몰과 주조 과정을 거쳐 Co-Cr 금속 구조물을 완성하였다. 주조에 사용된 금속은 Table 1에 제시하였다.

주조된 3본 금속 구조물은 치과기공용 확대경 (Stereomicroscope S300 II, TAUB Product, USA)으로 관찰하여 내면에 양형 기포가 발생했을 시에만 제거를 시행하였고, 알루미늄옥사이드(Cobra 50 μm white, Renfert GmbH, Germany)를 3 bar의 압력으로 분사 처리 후 증기 세척하였다.

4. 시편의 적합도 측정

3본 금속 구조물 내면에 실리콘 인상재 light body(Aquasil Ultra XLV, Densply Caulk, USA)를 채우고 나서 작업모형에 안착시켰다. 이어서 인상재가 완전히 경화될 때까지 5분 동안 29 N의 힘을 유지하였다(Fig. 2)(Wu와 Wilson, 1994). Light body 인상재가 완전히 경화된 후 내면에 실리콘 인상재 regular body(Aquasil Ultra Monophase, Densply Caulk, USA)를 automix gun을 이용하여 채운 다음 평평한 유리판 위에 놓고 경화시켰다.

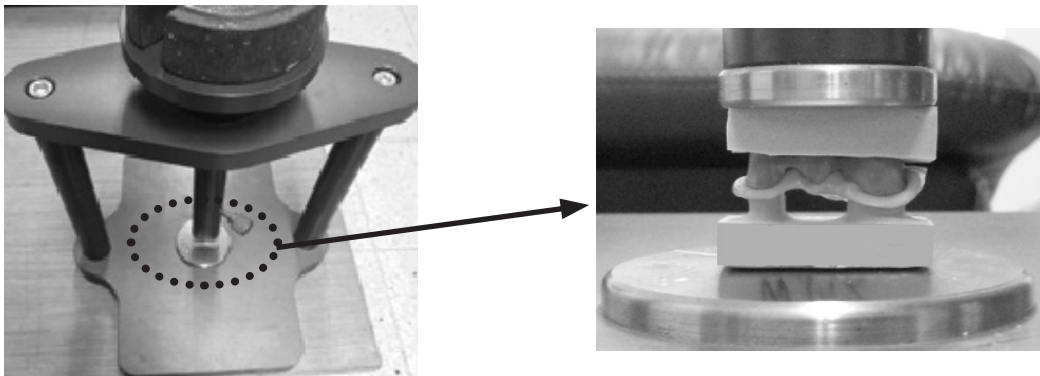


Figure 2. The constant seating force(29 N) was maintained on special device for 5 min.

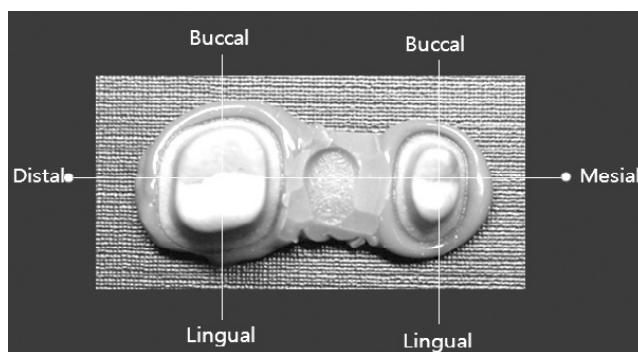


Figure 3. Cutting direction of silicone replica.

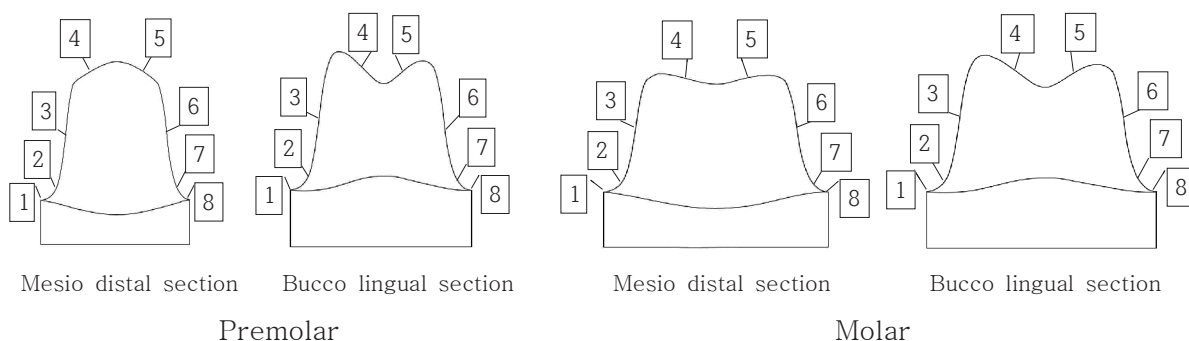


Figure 4. Schematic illustration of the measurement points.

적합도를 확인하기 위해 소구치와 대구치 각 치아의 중앙에서 근·원심과 협·설 방향으로 절단하였으며(Fig. 3), 각 단면의 8개의 지점(Fig. 4)에서 광학현미경(GX41, Olympus Corporation, Japan)으로 150 배율을 적용하여 적합도를 측정하였다(HKBasic software, Koptic, Korea). 결과적으로 하나의 지대치에서 16개의 측정값을 얻었으며, 3개의 군(n=10)으로 960개의 측정을 수행하였다. 측정된 각 지점 중 근·원심과 협·설 단면의 1과 8의 위치를 변연(margin), 2와 7의 위치를 챔퍼(chamfer), 3과 6의 위치를 축벽(axial wall), 4와 5의 위치를 교합면(occlusal) 영역으로 분류하였다. 결과적으로 변연, 챔퍼, 축벽 및 교합면 각 영역에서 4개의 측정값을 획득하였다.

5. 통계적 분석

정규성 검정(Shapiro-wilk) 결과 제작방식에 따른 모집단의 분포가 정규성을 띠다고 가정할 수 없기 때문에 비모수적 방법으로 크루스칼-왈리스 검정(Kruskal-Wallis test)을 시행하였으며, 사후 검정은 본페로니 검정(Bonferroni correction)을 적용하였다. 통계적 분석은 SPSS version 20(SPSS Inc.)을 사용하였으며, 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 결과

제작방식에 따른 각 지대치의 측정영역에서 평균 간격(인상재 필름 두께)은 Table 2에서 확인할 수 있다.

통계 검정결과 전통적인 제작방식의 CWC군, 금속 블록을 밀링한 MM군 및 금속 분말에 레이저를 조사하여 소결한 DMLS군 간의 변연과 내부 적합도에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.001$). 또한 지대치의 위치(소구치, 대구치), 절단면 방향(근·원심 단면, 협·설 단면) 및 측정영역(변연, 챔퍼, 축벽, 교합면)에 따라 적합도에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.001$).

1. 변연 적합도 비교 분석

측정된 각각의 위치들 중 근·원심과 협·설 단면의 1, 8 위치의 측정값의 평균을 변연 적합도로 정의하였다. 변연 적합도 비교결과 소구치와 대구치 모두에서 DMLS군이 가장 우수한 결과를 보였으며, CWC군, MM군 순으로 나타났다. 또한 각 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.001$)(Fig. 5). MM군은 각 지대치 변연에서의 평균값이 임상적 허용기준(120 μ m 이하)을 크게 벗어난 것으로 나타났다(Fig. 5).

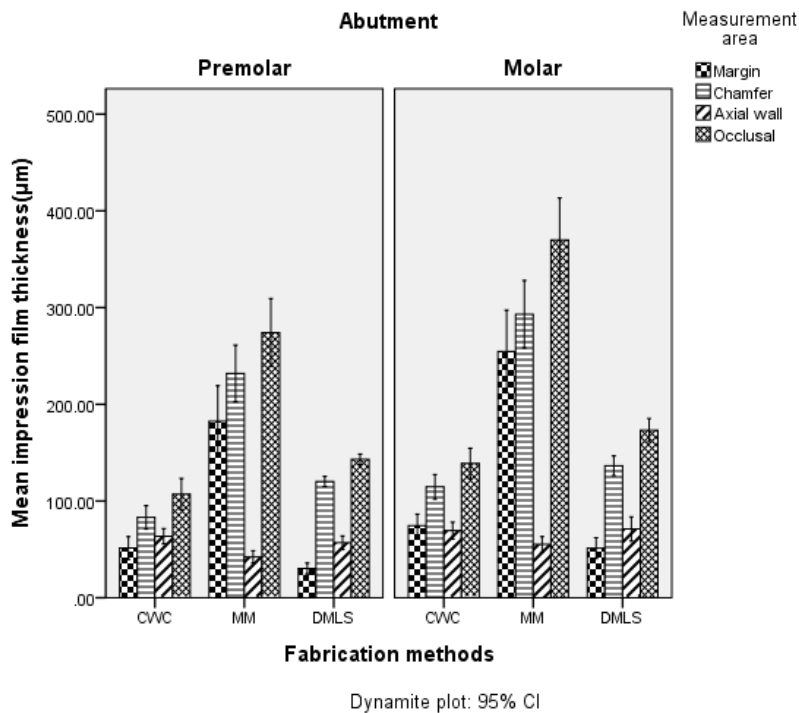
2. 내부 적합도 비교 분석

측정된 각각의 위치들 중 근·원심과 협·설 단면의 2~7 위치 측정값의 평균을 내부 적합도로 정의하였다. 내부 적합도는 소구치와 대구치 모두에서 CWC군, DMLS군, MM군 순으로 우수하게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.001$)(Table 2). 또한 내부 적합도는 챔퍼, 축벽 및 교합면의 영역으로 나눌 수 있는데, 제작방식이 다름에도 불구하고 3개 군 모두

Table 2. Mean(SD) in μm of impression film thickness for each measurement area in three fabrication methods

Measurement area	CWC ^a (mean(SD), μm)			MM ^b (mean(SD), μm)			DMLS ^a (mean(SD), μm)		
	Premolar	Molar	Total	Premolar	Molar	Total	Premolar	Molar	Total
Margin	51(36)	74(37)	63(38)	182(114)	254(133)	218(128)	30(17)	51(33)	40(28)
Chamfer	83(37)	114(39)		231(91)	293(109)		120(16)	136(32)	
Axial wall	63(25)	69(27)	96(47)	42(20)	55(25)	211(152)	56(22)	71(39)	116(49)
Occlusal	107(51)	138(49)		274(109)	369(135)		143(17)	173(37)	
Total	76(43)	99(48)	87(47)	182(126)	243(159)	212(147)	87(49)	108(60)	97(56)
p-value	0,000								

Fabrication methods: Conventional wax up with casting(CWC), Metal milling(MM), Direct metal laser sintering(DMLS)
 p-value: Kruskal-Wallis test. Post-hoc analysis used Bonferroni correction: ^{a, b}



Fabrication methods: conventional wax up with casting(CWC), metal milling(MM), direct metal laser sintering(DMLS). Statistically significant differences were between three fabrication methods($p < 0.001$).

Figure 5. Mean impression film thickness for measurement area in each group.

교합면 영역에서 가장 큰 간격을 보였다(Fig. 5).

IV. 고찰

본 연구의 목적은 금속 밀링 방식(MM), 레이저 소결 방식(DMLS) 및 주조 방식(CWC)으로 제작된 3본 금속

구조물의 변연 및 내부 적합도를 비교 평가하는 것이다.

고정성 보철물의 적합도에 관한 여러 연구에서 변연과 내부의 적합도를 측정하는 방법은 다양하다. 접착 후 절단하여 측정하는 방법, 인상재로 복제하여 두께를 측정하는 방법, 인상재의 무게를 달아서 계산하는 방법, 탐침으로 평가하는 방법 등이 적용되었다(Nawafleh 등, 2013; Vojdani 등, 2013). Moon 등

(1998)은 절단하여 관찰하는 방법이 가장 정확하지만 측정부위를 추가하려면 정밀한 시편을 많이 만들어야 하기 때문에 한계가 있다고 보고하였다. 인상재로 복제하여 두께를 측정하는 replica technique은 Molin과 Karlson(1993)이 인레이(inlay)의 적합도를 평가하기 위해 제시한 방법이다. 이 방법은 시편 절단 시 발생하는 변연의 변형을 제거할 수 있으며, 측정부위의 수를 쉽게 늘릴 수도 있다. 또한 시편을 훼손시키지 않고 제작과정에 따른 단계별 측정이 가능하다. 그러나 과거에는 이방법의 정확도에 확신을 갖지 못했다. 부가 중합형 실리콘 인상재의 흐름성과 정밀도 향상으로 직접 절단하여 측정한 결과와 거의 동일한 결과를 얻었다는 보고가 있다(Rahme 등, 2008). 본 연구에서도 인상재로 복제하여 두께를 측정하는 replica technique을 사용하였다.

접착압은 보철물의 완전한 안착과 관련이 있으므로 변연과 내부간격에 영향을 줄 수 있다. Wu와 Wilson(1994)은 40 μm 정도의 적절한 시멘트 공간을 확보한다는 가정 하에 접착압으로 25 N 정도가 적당하다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 접착압의 변화에 따른 적합도의 불안정을 방지하기 위해 실리콘 인상재 light body가 완전히 경화될 때까지 5분 동안 29 N의 일정한 하중을 가하였다.

연구 결과 제작방식에 따라 변연과 내부 적합도의 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 귀무가설은 기각되었다.

변연 부위의 평균(SD) 간격은 DMLS군이 40(28) μm 로 가장 우수하였고, CWC군이 63(38) μm , MM군이 218(128) μm 순으로 나타났다(Table 2). 결과적으로 MM군을 제외한 CWC와 DMLS군의 변연 적합도는 McLean과 von Fraunhofer(1971)가 제시한 임상적 허용기준(120 μm)에 포함되었다. Örtorp 등(2011)의 연구에서도 레이저 소결 방식으로 제작한 3본 구조물이 가장 우수한 변연 적합도를 보였다. 또한 Quante 등(2008)은 레이저 소결 방식으로 제작한 코핑의 변연 적합도의 평균값은 93 μm 라고 보고하였다. 여러 연구(Castillo 등, 2012; Bhaskaran 등, 2013)에서 측정값은 다소 차이가 있지만 레이저 소결 방식으로 제작

한 수복물의 변연 적합도가 우수한 결과를 보여주었다. 레이저 소결 방식이 적합도가 우수한 이유는 전통적인 주조 방식과 달리 제작 과정상에 수작업이 없고 주조 과정을 완전히 제거할 수 있기 때문에 주조체의 결합과 변형으로부터 자유롭고 또한 컴퓨터를 이용한 표준화된 제작 공정으로 술자 경험의 영향을 덜 받는 것으로 판단된다. 또한 금속을 밀링하는 방식처럼 가공 버(bur)의 보정이 필요하지 않기 때문이다. 그러나 레이저 소결 방식으로 제작된 구조물은 다른 방식으로 제작한 구조물과 다르게 내부에 작은 돌기들이 존재하는 것을 확인하였다(Fig. 6). 따라서 이러한 돌기들이 적합도에 영향을 줄 수 있으므로 추가적인 제거 과정이 필요할 것으로 판단된다.

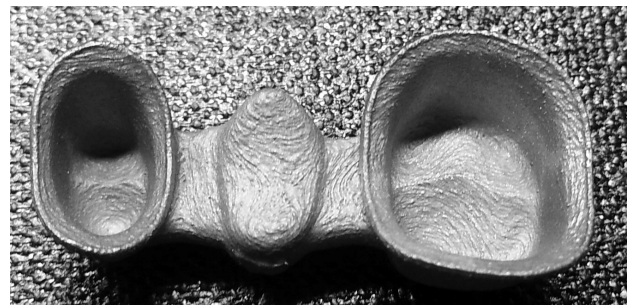


Figure 6. Direct Metal Laser Sintering(DMLS) framework prior to finishing.

내부 부위의 평균(SD) 간격은 CWC군이 96(47) μm 로 가장 우수했으며, DMLS군이 116(49) μm , MM군이 211(152) μm 순으로 나타났다(Table 2). Ucar 등(2009)은 코핑의 적합도 연구에서 주조 방식으로 제작한 것이 레이저 소결 방식으로 제작한 것보다 내부 적합도가 우수하다고 보고하였다. 그러나 Örtorp 등(2011)의 3본 구조물의 적합도 연구에서는 레이저 소결 방식이 주조 방식보다 내부 적합도가 우수했으며, 금속 밀링 방식에서 가장 낮은 적합도를 보여주었다. 이렇게 연구자 마다 주조 방식과 레이저 소결 방식의 내부 적합도가 차이를 보이는 이유는 주조 방식은 전통적으로 확립된 방식이지만 컴퓨터 지원 제작 방식과 비교하여 시멘트 공간을 위한 다이스페이스(die spacer) 도포 두께를 균일화하기 어려우며(Milan 등, 2004), 납형을 치형에서 제거할 때 변형의 위험이 있다. 따라서 술자의 경험과 기술에 따라 적합도의 차이가 있기 때문인 것으로 판단된다.

MM군은 다른 군들보다 변연과 내부에서 낮은 적합도를 보여주었다(Fig. 5). CAD/CAM 시스템은 전통적인 제작 공정에서 몇 가지를 생략하여 정확도를 향상시킬 가능성이 있지만 스캔, 소프트웨어 디자인, 밀링 및 재료 가공과 같은 제조 공정에 의해 부정확성을 초래할 수 있는 몇 가지 추가 단계가 있다(Abduo 등, 2010). 또한 대부분의 절삭 공구는 수복물 내부의 날카로운 각진 부분을 버의 최소 직경으로 인해 정확히 절삭할 수 없다(Witkowski, 2005). 따라서 변연과 내부에서 더 큰 간격을 유발하게 된다. CAD/CAM 시스템을 이용한 금속 밀링(MM) 방식은 전통적인 제작 방식과 비교하여 절삭 공구의 형태에 결함이 있는 경우나 절삭 과정에서 기계의 떨림이나 회전축의 불안정으로 인해 적합도가 달라질 수 있는 점이 보고된 바 있다(Huh 등, 2011). 또한 다른 군과 다르게 MM군은 변연보다 축벽의 간격이 현저히 작게 나타났다. 이러한 결과는 구조물의 완전한 안착을 방해한다. 즉 치형(die)과 축벽이 조기 접촉되어 변연과 교합면의 간격이 크게 나타났을 것으로 생각된다. 이러한 축벽의 조기접촉은 밀링 되는 재료(Co-Cr)의 경도가 높아 절삭 공구인 버(bur)의 마모로 인해 나타난 현상으로 파악된다. 따라서 제작자는 Co-Cr과 같은 경도가 높은 재료를 가공할 때는 버의 교체시기를 앞당기는 것이 적합도 향상에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각되지만 길이가 긴 구조물 제작에는 한계가 있으며, 버의 잦은 교체로 인해 경제적으로 많은 비용이 발생할 수 있다.

본 연구의 한계는 체외 실험으로 구강 내의 상태를 재현할 수 없었던 것과 임상적으로 중요시 여기는 변연에서의 수평적 간격을 평가하지 못했다는 것이다.

V. 결론

본 연구는 금속 밀링(MM) 방식과 직접 금속 레이저 소결(DMLS) 방식 및 전통적인 주조(CWC) 방식으로 3본 금속 구조물을 제작하여 변연과 내부 적합도 평가 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 제작 방식에 따른 변연 적합도의 차이가 있는 것으로 나타났으며, 직접 금속 레이저 소결(DMLS) 및 전통적인 주조(CWC) 방식으로 제작된 구조물의 변연 적합도가 임상적 허용기준(120 μ m)에 부합하는 결과를 보였다.

2. 각 제작 방식에 따른 내부 적합도의 차이가 있는 것으로 나타났으며, 전통적인 주조(CWC) 방식에서 가장 우수한 결과를 보여주었지만, 측정영역에 따른 분석 결과 모든 제작 방식에서 공통적으로 교합면의 간격이 크게 나타났다.

3. 금속 블록을 밀링(MM)하는 제작 방식은 레이저 소결 방식(DMLS)과 비교하여 가공 버의 마모로 인한 한계를 완전히 보상할 수 있는 개선이 필요하다.

REFERENCES

- Abduo J, Lyons K, Swain M. Fit of zirconia fixed partial denture: a systematic review. *J Oral Rehabil*, 37, 866–876, 2010.
- Bhaskaran E, Azhagarasan NS, Miglani S, Ilango T, Krishna GP, Gajapathi B. Comparative Evaluation of Marginal and Internal Gap of Co-Cr Copings Fabricated from Conventional Wax Pattern, 3D Printed Resin Pattern and DMLS Tech: An In Vitro Study. *J Indian Prosthodont Soc*, 13, 189–195, 2013.
- Castillo-de-Oyagüe R, Sánchez-Turrión A, López-Lozano JF, Albaladejo A, Torres-Lagares D, Montero J, Suárez-García MJ. Vertical misfit of laser-sintered and vacuum-cast implant-supported crown copings luted with definitive and temporary luting agents. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 17, 610–617, 2012.
- Huh JB, Kim US, Kim HY, Kim JE, Lee JY,

- Kim YS, Jeon YC, Shin SW. Marginal and internal fitness of three-unit zirconia cores fabricated using several CAD/CAM systems. *J Korean Acad Prosthodont*, 49, 236-244, 2011.
- McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J*, 131, 107-111, 1971.
- Milan FM, Consani S, Correr Sobrinho L, Sinhoreti MA, Sousa-Neto MD, Knowles JC. Influence of casting methods on marginal and internal discrepancies of complete cast crowns. *Braz Dent J*, 15, 127-132, 2004.
- Molin M, Karlsson S. The fit of gold inlays and three ceramic inlay systems. A clinical and in vitro study. *Acta Odontol Scand*, 51, 201-206, 1993.
- Moon BH, Yang JH, Lee SH, Chung HY. A study on the marginal fit of all ceramic crown using ccd camera. *J Korean Acad Prosthodont*, 36, 273-292, 1998.
- Nawafleh NA, Mack F, Evans J, Mackay J, Hatamleh MM. Accuracy and Reliability of Methods to Measure marginal Adaptation of Crowns and FDPs: A Literature Review. *J Prosthodont*, 22, 419-428, 2013.
- Örtorp A, Jönsson D, Mouhsen A, Vult von Steyern P. The fit of cobalt-chromium three-unit fixed dental prostheses fabricated with four different techniques: A comparative invitro study. *Dent Mater*, 27, 356-363, 2011.
- Quante K, Ludwig K, Kern M. Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology. *Dent Mater*, 24, 1311-1315, 2008.
- Rahme HY, Tehini GE, Adib SM, Ardo AS, Rifai KT. In vitro evaluation of "replica technique" in the measurement of the fit of Procera crowns. *J Contemp Dent Pract*, 9, 25-32, 2008.
- Rekow D, Thompson VP. Near-surface damage a persistent problem in crowns obtained by computer-aided design and manufacturing. *Inst Mech Eng H*, 219(4), 233-43, 2005.
- Robert D. 3D printing techniques for dental products. <https://3dprint.com/Comment filed under dental>, 2012.
- Tara MA, Eschbach S, Bohlsen F, Kern M. Clinical outcome of metal-ceramic crowns fabricated with laser-sintering technology. *Int J Prosthodont*, 24, 46-48, 2011.
- Ucar Y, Akova T, Akyil M, Brantley W. Internal fit evaluation of crowns prepared using a new dental crown fabrication technique: laser-sintered Co-Cr crowns. *J Prosthet Dent*, 102, 253-259, 2009.
- Viennot S, Dalard F, Malquarti G, Grosogogeat B. Combination fixed and removal prostheses using a CoCr alloy: a clinical report. *J Prosthet Dent*, 96, 100-103, 2006.
- 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*, 14, 118-129, 2013.
- Witkowski S. CAD/CAM in Dental Technology. *Quintessence of Dental Technol*, 28, 169-184, 2005.
- Wu JC, Wilson PR. Optimal cement space for resin luting cements. *Int J Prosthodont*, 7, 209-215, 1994.