

## 치과용 DLP 3D Printer 가공체의 주조성 관찰

송준부, 박유진, 최성민  
부산가톨릭대학교 치기공학과

### Observation of Castability of Dental DLP 3D Printer Materials

Joon-boo Song, Yu-jin Park, Sung-min Choi

Department of Dental Laboratory Science, Catholic University of Pusan

#### [Abstract]

**Purpose:** Recently, the production technology of dental prosthesis using 3D Printer workpieces has been developed. However, the lack of information on the work processes and casting techniques of materials for 3D printing casting is expected to require research. Therefore, in this study, we intend to cast a Dental DLP 3D Printer workpiece, which is being commercialized, to identify its appearance and internal clearance, and to observe its castability.

**Methods:** Castability of the 3D Printer workpiece was evaluated. The specimen is prepared in a cylindrical shape and in a 1 mm thick coping shape. The control specimen is made of wax and the experimental specimen is made of resin using two types of 3D printers. After casting, the appearance of the casting body was observed and the internal clearance of the coping was measured.

**Results:** RP1 and RP2, cylindrical specimens, were partially cast or fin. When coping-type specimens were measured before casting, the internal clearance of PE2 was more accurate than that of PC and PE1. When coping-type specimens were measured after casting, CE1 was the most accurate in occlusal clearance and CE2n was the most accurate in axial clearance.

**Conclusion:** 1. Exterior observations of the casting body indicated casting defects and fins. 2. Internal clearance observations show that the occlusal clearance of the castings is larger after casting, and the axial clearance of the castings is smaller after casting. 3. It is judged that the RP2 specimen is more likely to be applied for casting than the RP1 specimen.

◉ **Key words:** 3D printe, Castability, Dental CAD/CAM, Dental DLP, Digital dentistry,

Corresponding author	Name	최 성 민	Tel.	051-510-0594	E-mail	smchoi@cup.ac.kr	
	Address	부산광역시 금정구 오륜대로 57 부산가톨릭대학교 치기공학과					
Received	2019. 7. 31		Revised	2019. 12. 16		Accepted	2019. 12. 24

## 1. 서론

최근 치과보철물의 제작과정은 디지털 치과기공 기술이 빠르게 발전함에 따라 다양한 방법으로 활용할 수 있게 되었다. 디지털 치과기공의 대표적인 기술은 치과용 CAD/CAM 시스템이다. 치과용 CAD/CAM 시스템은 가공형태에 따라 절삭가공(subtractive manufacturing)과 적층가공(additive manufacturing)으로 분류할 수 있다(Huh et al, 2011; Kim, 2014; Choi, 2014). 절삭가공은 CAD로 설계된 3차원 형상을 절삭 공구를 이용하여 재료를 가공한다. 디지털 수치화 된 정보를 활용하여 정밀 가공할 수 있으나(Kim, 2017) 가공범위의 한계와 절삭기구와 가공소재의 과도한 손실로 인하여 생산성이 떨어지는 것으로 보고되었다(Kim and Lee, 2016).

적층가공은 CAD로 설계된 3차원 형상에 3D printer 기술을 이용하여 필요한 위치에 재료를 쌓아올려 가공한다(Huh and Shim, 2014; Kim, 2014; Choi, 2014). 적층가공방식은 디지털 절삭가공방식의 단점을 보완하고 다양한 산업분야에 적용이 가능하다고 보고되었다(Pfister et al, 2004; Bose et al, 2012). 그리고 이 중 치과분야가 가장 효과적인 분야로 평가되고 있다(Lee, 2016; Kim et al, 2016).

일반적으로 적층가공방식은 소재에 따라 고분자 또는 세라믹을 적층하는 방법과 합금분말을 레이저로 적층하는 방법으로 분류할 수 있다. 고분자 또는 세라믹을 적층하는 방법은 출력 방식에 따라 광경화수지조형 방식(stereo-lithography apparatus, SLA), 마스크투영이미지경화방식(digital light processing, DLP), 폴리젯방식(Polyjet), 액정판고형화방식(Liquid crystal planar solidification, LCPS) 그리고 압출적층조형 방식(fused deposition modeling, FDM) 등이 있다(Stempfl and Liska, 2015). 합금분말을 레이저로 적층하는 방법은 가공하는 방식에 따라 합금분말을 용융하는 선택용융가공법(selective laser melting, SLM)과 합금분말을 소결하는 선택소결가공법(selective laser melting, SLS) 등이 있다(Choi, 2018).

치과용 3D Printer에 가장 많이 사용되는 DLP 방식

은 복잡한 구조를 가진 알고리즘을 빔 프로젝트의 빛을 조사하여 단일 수조의 광경화성수지를 한 면씩 적층 후 경화시켜 완성하는 공정이다. 출력물의 정밀도는 투영되는 면의 각 픽셀 크기와 Z축 이동을 포함한 복셀의 크기에 의해 결정된다(Kim et al, 2015; Cho, 2015). DLP에 사용되는 광경화성수지는 자외선(ultraviolet, UV)에 경화하는 합성 유기재료이며, 자외선의 강한 에너지가 광중합 개시제에 반응하여 액상의 소재가 중합이 되면서 고형의 폴리머로 변화하게 된다(Han, 2015).

치과용 3D printer로 제작되는 광경화성수지는 고분자 소재로 치과용 보철에 직접적으로 사용하기에는 강도가 부족하다. 그러나 치과용 3D printer 가공체를 납형과 같은 주조용 소재로 사용할 수 있다.

기존의 치과 보철물은 석고를 이용하여 작업모형을 제작하고 납형을 조각한 후 매몰과 소환 및 주조과정을 거쳐 금속 구조물을 얻을 수 있다. 주조는 납형의 용융과 매몰재의 소환 및 주조와 주조 금속 선택 등 복잡한 공정과 고난이도의 숙련도에 따라 주조 성공률도 차이를 보이는 기술적인 단점이 있다(Huh et al, 2011; Kim and Chung, 2011).

PFM 보철물의 경우 금속하부구조물인 코핑을 치과용 CAD/CAM 시스템으로 제작하기도 한다(Kim 등, 2015). 치과용 CAD/CAM을 이용한 금속 코핑의 제작 방법(Kim et al, 2011)은 왁스 블록을 치과용 CAD/CAM으로 밀링하여 외형을 만든 후 이를 통법대로 주조하여 금속 코핑을 만들고 도재를 축성해서 자연치 또는 임플란트 상부보철물 PFM을 제작할 수 있다.

3D printer를 활용한 가공체의 소재는 주로 광중합 레진이 사용되고 있다. 이러한 소재를 기존의 주조기술방식으로 제작 시 결함이 발생할 수 있다. 그리고 현재 출시되는 3D 프린팅 주조용 소재의 작업공정 및 주조기술이 명확히 제시되어 있지 않고 매몰재 사용과 소환 스케줄에 대한 정보가 부족하여 치과 주조 보철물 제작에 많은 어려움이 발생하고 있다(Ryu and Seo, 2017). 또한 주조용으로 사용되는 소재는 제품에 따라 주조성의 차이가 발생할 수 있는데 이를 해소하기 위한 노력과 연구가 필요할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구자는 상용화되고 있는 치과용 DLP 3D printer로 제작된 가공체를

주조하여 주조체의 외형과 내면의 간격을 확인하여 가공체의 주조성을 관찰하고, 가공체의 주조 활용가능성을 판단하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험 재료

치과용 DLP 3D printer 가공체의 주조성을 관찰하기 위하여 다음과 같은 실험장비와 소재를 사용하였다. 대조군으로 설정한 왁스 가공체는 치과용 CAD/CAM(ceramill motion2, amann girrbach, Austria)을 사용하여 제작하였고, 실험군으로 레진 가공체는 국외 기술의 치과용 DLP 3D printer(Next dent/Bio3D, USA/Korea)와 국내 기술의 치과용 DLP 3D printer(DIO, Korea)를 각 1종씩 사용하였다. 각 장비에서 가공되는 소재로 대조군에서는 치과용 CAD/CAM 밀링가공에 사용되는 주조용 왁스(Bukwang, Korea)를 사용하였으며, 실험군은 각 장비에 적용되는 전용의 광경화성수지를 사용하였다(Table 1).

Table 1. Equipment and materials of Castability test

Group	Model	Spac	Materials
Control	Ceramill Motion2 (Amann Girrbach, Austria)	Processing method : 5 axis block milling Precision : 10 $\mu$ m	Casting wax block (Bukwang, Korea)
Experimental	W11 (Nextdent/Bio3D, USA/Korea)	Processing method : DLP Precision : 65 $\mu$ m	Nextdent Resin (Nextdent, Netherlands)
	DIOPROBO (DIO, Korea)	Processing method : DLP Precision : 57 $\mu$ m	DIONavi Resin (DIO, Korea)

### 2. 시편 제작

#### 1) 주조체 외형 관찰실험

주조체의 외형을 관찰하기 위한 시편은 직경 10 mm, 높이 10 mm의 원기둥 형태(Figure 1)로 제작하였다. 시편은 왁스 시편 1종과 2종의 치과용 DLP 3D printer로 출력하여 레진시편을 준비하였다. 시편은 치과용 CAD 프로그램을 사용하여 설계한 후 가공기계를 이용하여 왁스블럭을 밀링하고, 치과용 DLP 3D printer를 이용하여 출력하였다. 시편은 각 군당 10개씩 제작하였다.

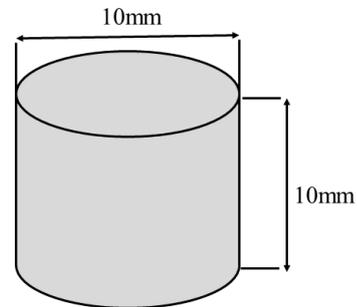


Figure 1. Shape Measurement Test Specimens ; Cylinder type

#### 2) 내면간격 관찰실험

치과용 DLP 3D printer로 제작된 가공체의 주조 후 내면간격을 관찰하기 위한 시편은 높이 5 mm, 변연두께 1 mm, 측벽 경사도 3°로 설계한 후 CNC 가공하여 제작된 시험용 지대치를 이용하여 제작하였다(Figure 2, a). 시험용 지대치를 스캔한 후 3차원 모형에 두께 1 mm의 단순치관(coping)을 설계하였다(Figure 2, b). 시편은 각 군당 10개를 준비하였다. 준비된 시편은 내면 간격을 측정 후 각 시편을 매몰하여 Ni-Cr 합금으로 주조하였다.

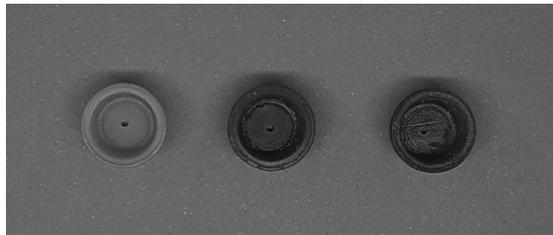
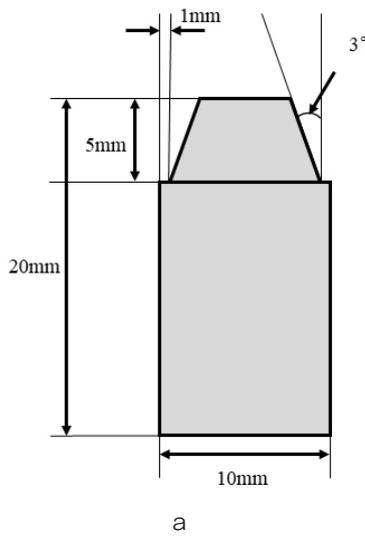


Figure 2. Internal Gap Measurement Test Specimens, a; Abutment Specimens Size, b; Specimens Shape.

### 3. 주조체 외형관찰 실험

치과용 DLP 3D printer 가공체의 주조성을 관찰하기 위하여 주조체 외형 관찰실험을 실시하였다. 원기둥 형태의 왁스 시편을 대조군(WP)으로, 2종의 치과용 DLP 3D printer로 제작한 레진 시편을 실험군(RP1, RP2)으로 설정하였다. 각 군당 10개의 시편을 준비하였다(Table 2). 준비된 시편은 인산염계 매몰재(BC-VEST, Bukwang, Korea)를 이용하여 제조사의 지시에 따라 매몰하여 소환하였다. 전기소환로(Miditherm 100P, BEGO, Germany)에서 분당 상승온도 9℃로 설정하여 250℃ 승온 후 60분 계류, 450℃ 승온 후 40분 계류, 550℃ 40분 계류, 최종온도 850℃에서 60분 계류 하였다. 주조는 Ni-Cr합금(VeraBond 2V, USA)을 사용하였고, 고주파 주조기(Millennium, Manfredi, Italy)를 이용하여 주조하였다. 주조된 주조체는 매몰재를 제거

후 모래분사를 실시하여 주조체의 외형을 관찰하였다.

Table 2. Classification of Thermal Residue Specimens

Code	Shape	Specimens
WP		wax pattern
RP1	cylinder	resin pattern (foreign)
RP2		resin pattern (domestic)

### 4. 내면간격 관찰 실험

치과용 DLP 3D printer 가공체의 주조성을 관찰하기 위하여 내면간격 관찰실험을 실시하였다. 시편은 치과용 CAD/CAM으로 밀링 가공하여 제작한 왁스 시편을 대조군(PC)으로, 2종의 치과용 DLP 3D printer로 가공하여 제작한 레진 시편을 실험군(PE1, PE2)으로 설정하였다. 내면간격의 측정은 시편의 내면에 연질 실리콘인상재(3M ESPE imprint II Garant Light Body/USA)를 주입하여 인상재의 두께를 다이얼게이지(Mitutoyo, Japan)로 측정하였다. 시편과 지대치 사이의 내압에 의한 인상재의 과잉을 방지하기 위하여 시편의 교합면에 홈을 형성하고 과잉된 실리콘인상재가 외부로 흘러나오게 하였다. 내면간격은 교합면 중앙부위 1개의 지점과, 지대치 변연 2.5mm 상방의 측면 2개의 지점에서 측정하였다(Figure 3). 내면간격을 1차 측정하고 주조체 외형 관찰 실험과 같은 방법으로 매몰, 소환 및 주조하여 주조체 시편의 내면간격을 2차 측정하였다.

대조군 PC를 주조한 주조체를 CC, 실험군 PE1, PE2를 주조한 주조체를 CE1, CE2로 설정하였다(Table 3). 주조체는 매몰재 제거 후 모래분사를 실시하고 지대치 모형과 주조체 사이에 연질 실리콘인상재를 주입하여 주조체 내면간격을 관찰하였다.

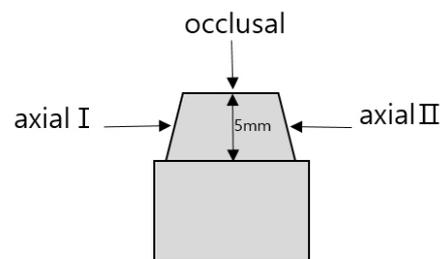
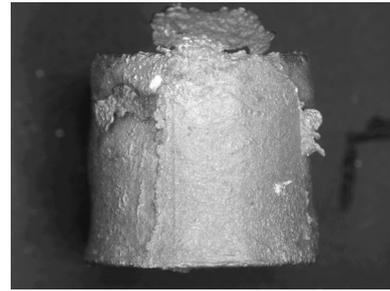


Figure 3. Graph of Internal Gap to Casting Pattern Coping

Table 3. Classification of Specimens

Code	Specimens	N
PC	Wax pattern	each 10
PE1	Resin pattern (foreign)	
PE2	Resin pattern (domestic)	
CC	Metal Coping-wax pattern	
CE1	Metal Coping-resin pattern (foreign)	
CE2	Metal Coping-resin pattern (domestic)	



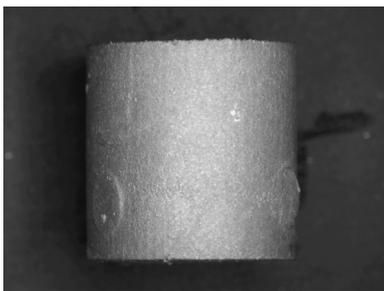
(c)

Figure 4. Shape of Cylinder type Casting Specimens, (a): WP, (b): RP1, (c): RP2.

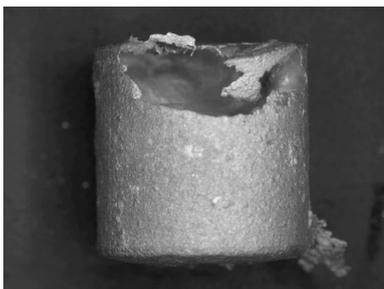
### III. 결과

#### 1. 주조체 외형 관찰

주조체 외형을 관찰한 결과 원기둥 형태의 WP시편은 형태와 표면이 주조 전 시편과 동일하게 관찰되었다. 그러나 RP1 시편은 주입선이 부착된 곳에서 먼 부위에서 일부가 주조되지 않은 형태가 관찰되었고, fin과 같은 구조결함이 나타났다. 그리고 RP2 시편은 원기둥의 형태로 주조 되었으나 시편의 측면과 상부에 fin과 같은 구조결함이 나타났고 전체적으로 거친 표면이 관찰되었다(Figure 4).



(a)



(b)

#### 2. 내면간격 관찰

치과용 DLP 3D printer 가공체의 정밀성과 구조성을 관찰하기 위하여 시편의 내면간격을 1차 측정된 결과 대조군인 PC시편의 경우, 교합면의 간격은  $0.14 \pm 0.05$  mm, 측면 1의 간격은  $0.09 \pm 0.04$  mm, 측면 2의 간격은  $0.09 \pm 0.04$  mm로 나타났다. 그리고 실험군 PE1시편의 경우, 교합면의 간격은  $0.13 \pm 0.05$  mm, 측면 1의 간격은  $0.07 \pm 0.02$  mm, 측면 2의 간격  $0.08 \pm 0.04$  mm으로 나타났으며, PE2시편의 경우, 교합면의 간격은  $0.12 \pm 0.03$  mm, 측면 1의 간격은  $0.06 \pm 0.04$  mm, 측면 2의 간격은  $0.05 \pm 0.02$  mm로 나타났다. 관찰 결과 PE2시편의 내면간격이 PC시편, PE1시편보다 교합면, 측면의 정밀성이 높게 나타났다(Table 4).

Table 4. Internal Gap of Casting Pattern Coping

Code	(Unit, mm)		
	Occlusal Surface	Side Surface 1	Side Surface 2
PC	$0.14 \pm 0.05$	$0.09 \pm 0.04$	$0.09 \pm 0.04$
PE1	$0.13 \pm 0.05$	$0.07 \pm 0.02$	$0.08 \pm 0.04$
PE2	$0.12 \pm 0.03$	$0.06 \pm 0.04$	$0.05 \pm 0.02$

가공체 시편을 주조한 후 주조체 시편의 내면간격을 2차 측정된 결과 대조군인 CC시편의 교합면의 간격은  $0.15 \pm 0.04$  mm, 측면 1의 간격은  $0.07 \pm 0.01$  mm, 측면 2의 간격은  $0.07 \pm 0.00$  mm로 나타났다. 그리고 실험군 CE1시편의 교합면의 간격은  $0.13 \pm 0.03$  mm, 측면 1의 간격은  $0.06 \pm 0.02$  mm, 측면 2의 간격은  $0.04 \pm$

0.02 mm으로 나타났으며, CE2시편의 교합면의 간격은  $0.21 \pm 0.04$  mm, 측면 1의 간격은  $0.04 \pm 0.00$  mm, 측면 2의 간격  $0.03 \pm 0.02$  mm로 나타났다. 관찰 결과 교합면 간격은 CE1이 정밀하게 나타났으며, 측면 간격 1, 2는 CE2가 정밀하게 나타났다(Table 5).

Table 5. Internal Gap of Metal Coping

(Unit. mm)

Code	Occlusal Surface	Side Surface 1	Side Surface 2
CC	$0.15 \pm 0.04$	$0.07 \pm 0.01$	$0.07 \pm 0.00$
CE1	$0.13 \pm 0.03$	$0.06 \pm 0.02$	$0.04 \pm 0.02$
CE2	$0.21 \pm 0.04$	$0.04 \pm 0.00$	$0.03 \pm 0.02$

#### IV. 고찰

본 연구에서는 치과용 DLP 3D printer 가공체를 주조하여 가공체 형태에 따른 주조성을 관찰하고, 사용자가 주조를 위한 가공체의 소재와 가공체를 제작하는 3D Printer를 선택하기 위한 기준 자료를 제시하고자 하였다.

치과용 DLP 3D printer 가공체의 주조성을 관찰하기 위해 원기둥 형태의 가공체를 주조한 결과 WP시편은 가공체와 동일한 주조체가 제작되었다. 그러나 RP1시편은 일부가 주조되지 않거나 fin이 발생했고 RP2 시편은 전체가 주조되었으나 fin이 발생하거나 거친 표면이 관찰되었다.

Ryu와 Seo(2017)는 매몰재의 소환시 무수석고(CaSO<sub>4</sub>)가 되면 매몰재 석고 속에 수분이 없어서 다공성을 가지게 되는데, 빨리 소환될 수 있는 작고 얇은 광경화 수지는 기포나 결함이 적은 반면 넓고 두꺼운 광경화 수지는 무수석고상태인 400 °C에서 반응하기 때문에 매몰재가 파괴되는 결함을 일으킨다고 보고하였다. 그리고 광경화성 수지의 경우 450°C ~ 500°C에서 1시간 동안 소성시켜 패턴을 제거하는 방법을 사용할 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 왁스 시편의 경우 250 °C로 승온시 용융되었고, 2종의 레진 시편은 250 °C에서 계류 후 기화가 시작되고 450 °C로 승온 중에 탄화가 시작되면서 시편에 균열이 나타나기 시작했으며, 450 °C

에서 550 °C로 승온 중에 시편의 부피 변화가 생기면서 매몰재의 균열 및 파괴 현상이 나타났다. 특히 원기둥 형태의 두꺼운 시편의 경우 소환 중 매몰재의 파괴로 인한 주조 실패가 더 많이 발생하였다. 400 °C 이상의 온도에서 부피변화를 일으킨 2종의 3D 프린팅 시편은 1시간 이상의 소성시간을 가졌지만 매몰재 파괴 등의 단점이 나타났고 이를 해결할 수 있는 대안이 제시되어야 될 것이다.

소환과정에서 열 충격(heat shock) 또는 가공체와 매몰재 주형 간의 수축팽창에 따른 응력이 외력에 의해 매몰재 주형이 갈라져 금(crack)이 생기고, 매몰재 주형이 파괴되어 주형의 일부가 주조되지 않거나 fin이 형성된 주조체가 나타나게 된다(Chung et al, 2013, Ryu et al, 2017). 특히 3D printer로 가공된 레진계 가공체는 소성과정의 탈수지 과정에서 외력에 의하여 주형을 파괴시킨다고 보고되었다(Ryu et al, 2017). 이러한 보고는 본 연구의 주조성 관찰 시험의 결과와 부합되는 것으로 판단된다.

선행연구에서 치과보철물과 지대치 사이의 간격(gap)을 측정하는 방법으로 실리콘 인상재 주입법, 광학 또는 실사 촬영법, 전자현미경등이 주로 사용되며, CT촬영법 등의 방법도 보고되었다 (Kim et al, 2014). 본 연구에서는 선행연구에서 제시한 지대치 사이의 공간에 실리콘 인상재를 주입하여 실리콘 갭을 측정하는 방법을 사용하였다.

가공체의 주조 전에 대조군인 PC 시편과 비교군인 PE1, PE2 시편의 내면간격을 관찰 해 보았을 때 PE2시편이 PC시편, PE1시편보다 교합면과 측면의 정밀성이 높게 나타났다. 이에 따른 결과로 주조 전의 밀링 가공체와 3D Printer 가공체 사이의 정밀성이 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있다.

그리고 가공체를 주조한 후 금속 시편의 내면간격을 2차 측정하여 관찰하였을 때 교합면 간격은 CE1이 정밀하게 나타났으며, 측면 간격 1, 2는 CE2가 정밀하게 나타났다. 다음 결과에서 주조 후에 밀링 가공체보다 3D 가공체가 더 정밀한 것을 확인할 수 있었다.

주조 전과 주조 후의 시편 내면 간격을 비교해 보았을 때 교합면의 내면간격은 주조 전보다 주조 후의 간격이

더 크게 나타났고, PE2와 CE2 사이의 간격이 0.09 mm로 가장 큰 차이를 보였다. 반면에 측면 1과 측면 2의 간격은 전체적으로 주조 전보다 주조 후에 좁아졌다. 간격의 차이는 측면 1에서 측정한 PE1 과 CE1 사이의 간격이 0.01 mm로 가장 작게 나타났고 측면 2에서 측정한 PE1 과 CE1 사이의 간격이 0.04 mm로 가장 크게 나타났다.

미국 치과의사회 규격(ADA,1978)에 의하면 접착된 구조체 변연의 적합도는 25 $\mu$ m 이하가 되어야 한다고 보고되었으나 치과보철물의 정밀도는 시멘트 공간을 고려하였을 때 25~40 $\mu$ m의 오차를 허용하고 임상적으로 약 100~200 $\mu$ m까지 허용한다고 보고하였다(Cristensen et al, 1966). 또한 Kim은 적합도를 측정하는 기술방법 등에 영향을 받을 수 있기 때문에 고정성 보철물의 적합도를 정확히 규명하기 힘들 수도 있으나 평균적으로 적합도 100 $\mu$ m 이내를 허용치로 볼 수 있다고 보고하였다(Kim et al, 2014).

본 연구에서는 왁스를 주조한 구조관의 교합면 간격의 평균은 147 $\mu$ m으로 나타났으며 2종의 3D 프린팅 소재의 구조관의 교합면 평균은 170 $\mu$ m로 내면 갭이 측정되었다. 왁스 구조관의 측벽의 평균은 68 $\mu$ m이며 2종의 3D 프린팅 소재의 구조관의 평균은 42 $\mu$ m로 측정되었다. Huh 등(Kim et al, 2014)은 3D 프린팅 시편의 지대치 측벽 적합도가 평균 49 $\mu$ m 이하로 나타났을 때 지대치 유형과 변연의 형태에서 유의성이 없이 매우 우수한 적합도로 보고하였다. 따라서 측벽의 경우 도재용착 구조관 적합도의 허용범위에 충분하다고 판단된다. 하지만 구조전과 구조 후에 제일 큰 편차를 보인 3D 프린팅 시편 PE2의 교합면은 구조전과 구조후의 차이가 약 87 $\mu$ m 나타났고 이는 구조전과 구조후의 교합면 정밀성 변화에 영향이 있는 것으로 판단할 수 있다.

본 실험에서는 교합면 또는 두꺼운 부위의 시편에서 오차가 크게 나타났고, 구조체 외형 관찰 시편에서도 매몰재 파괴 및 구조실패, 핀 형상, 다공성 기포 등이 나타났다. 이는 결과적으로 구조용 왁스 가공체에 비하여 3D printer 가공체의 구조성이 떨어지는 것을 알 수 있으며 구조체의 적합도 뿐만 아니라 구조체 외형에 문제가 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 원인을 해결

하기 위하여 본 연구에서 확인된 구조성 관찰 결과를 활용하여 소재의 특성을 연구할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한 치과용 DLP 3D Printer 가공체의 활용을 위한 매몰 및 소환과정과 구조 방법을 변화시킨다면 구조용 가공체로의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

## V. 결론

본 연구에서는 치과용 DLP 3D printer 가공체의 구조성을 관찰하고자 하였다. 구조성 관찰을 위하여 가공체의 형태와 두께에 따른 구조성을 관찰하였다. 그리고 같은 형태의 시편에서 구조 전과 구조 후 내면간격의 변화를 관찰하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 구조체 외형 관찰 결과에서 3D printer 가공체를 이용한 구조체는 매몰재 파괴와 균열로 인한 구조결합과 fin이 관찰되었다.
2. 내면 간격 관찰 결과에서 3D printer 가공체를 이용한 구조체는 구조 후에 교합면 간격은 더 커지고, 측면 간격은 더 작아졌다.
3. 치과용 DLP 3D printer 가공체 중 RP2시편이 RP1시편보다 주

## REFERENCES

- Bose S, Roy M, Bandyopadhyay A. Recent advances in bone tissue engineering scaffolds. Trends Biotechnol, 30, 546-554, 2012.
- Cho HI, A Study about 3D printer classification and properties. Yewon art university, 2015.
- Choi SM, Precision Analysis of Workpieces made with Dental 3D printing Technology. J Kor Acad Dent Tech, 40(4), 2018.
- Choi YJ, Koak JY, Heo SJ, Kim SK, Ahn JS, Park

- DS. Comparison of the mechanical properties and microstructures of fractured surface for Co–Cr alloy fabricated by conventional cast, 3–D printing laser–sintered and CAD/CAM milled techniques. The Journal of the Korean dental association, 52(2), 2014.
- Chung IS, Kim CY, Kim KJ. Observation of the Castability and Bonding Strength of a Co–Cr alloy for Porcelain Fused to Metal Crown. The Journal of Korean academy of dental technology, 35(2), 105–112, 2013.
- Cristensen GJ. Marginal Fit of Gold Casting. J Prosthet Dent, 16, 297–305, 1996.
- Han YJ. The manufacture of FeCrCo alloy Using 3D Printer. University a master’s thesis, 2015.
- 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 Kor Adv Pros, 49(3), 236, 2011.
- Huh JB, Shim JS. The factors caused errors in the production process of CAD/CAM prosthesis based on experience. The Journal of the Korean dental association, 332, 2014.
- Kim CY, Chung IS. Evaluation of Mechanical Characteristic and Biological Stability of Dental Alloys by the Manufacture Method. The Journal of the Korea Contents Association, 11(3), 293–300, 2011.
- Kim SC, Han MS, Choi1 BJ, Lee CJ, Lee HH. Internal fit of bridge patterns fabricated by a 3D printing technique. Kor J Dent Mater, 41(4), 239–244, 2014.
- Kim MS, Song SH, Kim HI, Ahn SH. Hybrid 3D Printing and Casting Manufacturing Process for Fabrication of Smart SoftComposite Actuators. J Korean Soc Precis Eng, 33(1), 77–8, 2016.
- Kim SC, Lee HH. Marginal Accuracy of Three–unit Bridge Fabricated using Dental Co–Cr CAD/CAM soft metal block. Korean J Dent Mater, 41(4), 239–244, 2014.
- Kim SK. Comparison of the Workpiece by dental CAD/CAM system software and milling tool. Catholic University of Pusan, 2017.
- Kim YH, Kim KE, Lee C. Accuracy Improvement of Output in Projection Stereolithography by Optimizing ProjectionResolution. J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng, 24(6). 710–717, 2015.
- Lee SH. Prospect for 3D Printing Technology in Medical Dental and Pediatric Dental Field. J Korean Acad Pediatr Dent, 43(1), 2016.
- Pfister A, Landers R, Laib A, Hubner U, Schmelzeisen R, Mulhaupt R. Biofunctional Rapid Prototyping for Tissue engineering Applications : 3D Bioplotting versus 3D Printing. Journal of Polymer Science : Part A : Polymer Chemistry, 42(3), 624–638, 2004.
- Ryu KH, Seo JH. Utilization of 3D CAD and 3D Printer and UV Curavle resin Casting Defect. Journal of the Korea Convergence Society, 8(3), 169–176, 2017.
- Stempf1 J, Liska R. New Materials for rapid prototyping applications. Macromol Chem Phys, 206, 1253–1256, 2005.