



## 선택적 레이저 소결 방식에 의해 출력된 고정성 치과 보철물의 변연 및 내면 간격 평가

김원수, 김기백\*

대전보건대학교 치기공과

<Abstract>

### An evaluation of marginal and internal gap of fixed dental prosthesis printed by selective laser sintering

Won-Soo Kim, Ki-Baek Kim\*

Department of Dental Lab Technology, Daejeon Health Institute of Technology

The objectives of this study were to evaluate of marginal and internal(axial and incisal) gaps of fixed dental prostheses(FDPs) printed by selective laser sintering. Titanium model was fabricated and ten stone models were prepared. Ten FDPs were manufactured by selective laser sintering(SLS group) and another ten FDPs using by lost wax technique and casting were manufactured(CAST group). The marginal and internal gaps of FDPs were evaluated using by the silicone replica technique. The marginal and internal gaps were measured using by digital microscope(x160). Statistical analysis were performed with independent t-test( $\alpha=0.05$ ). Means(SDs) of marginal gaps were 96.4(10.5)  $\mu\text{m}$  for SLS group and 68.6(9.4)  $\mu\text{m}$  for CAST group( $p=0.001$ ), axial gaps were 41.3(8.3)  $\mu\text{m}$  for SLS group and 26.8(6.1)  $\mu\text{m}$  for CAST group( $p=0.336$ ) and incisal gaps were 92.9(9.6)  $\mu\text{m}$  for SLS group and 53.0(10.9)  $\mu\text{m}$  for CAST group( $p=0.053$ ). As a results marginal and internal gaps of FDPs manufactured by selective laser sintering is thought be clinically acceptable.

*Key words*: 3D-printing, Fitness, Marginal

## 1. 서론

4차 산업혁명의 영향으로 많은 분야에서 다양한 변화가 일어나고 있다. 치의학 분야에서는 진료방식과 치과 보철물 제작 방식이 이날로그 적인 방식에서 디지털 방식으로 변화되고 있는 추세이다. 특히 치과 보철물을 제작하는 과정에 있어서 사용되는 재료, 방법, 기자재 등 전반적인 부분이 영향을 받고 있다. 치아에 우식이 발생되면 치료실에서는 우식된 부위를 삭제하여 지대치를 형성한 뒤 구강을 인상채득하게 된다. 채득

이 끝난 인상체를 토대로 진료실 혹은 치과기공실에서 구강 모형을 제작한다. 제작된 환자의 구강 모형에 환자에게 해당하는 치과 보철물을 치과용 왁스를 이용하여 설계하게 되는데, 설계가 끝난 왁스 치과 보철물(납형)은 그 뒤 여러 과정을 통해 최종 치과 보철물로 완성된다. 대표적인 최종 치과 보철용 재료로는 크게 금속 재료와 포세린 등의 도제계열 재료 그리고 고분자 재료로 구분된다. 전통적으로 이런 재료들을 사용한 치과 보철물을 제작할 경우 모든 과정이 수작업에 의하며, 다소 절차가 복잡하고, 시간이 오래 소요된다(Miyazaki 등, 2009).

수작업에 의한 치과 보철물 제작은 해당 술자의 기술과 경험 등에 의존해야하는 단점이 있으며, 과정 중 왁스 설계 등의 불필요 공정이 존재하므로, 재료 및 시간이 낭비된다. 이런 단점을 보완하고자 개발된 치과용 캐드캠(CAD-CAM,

\* Correspondence: 김기백 (ORCID ID: 0000-0003-3821-9764)  
 대전광역시 동구 충청로21 대전보건대학교 치기공(학)과  
 Tel: 042-670-9184, Fax: 042-670-9491  
 E-mail: kimkb@hit.ac.kr

Received: Jun, 07, 2017; Revised: Jun, 20, 2017; Accepted: Jun, 20, 2017

\* 이 논문은 2016학년도 대전보건대학교 교내연구비 지원에 의한 논문임.

computer aided design-computer aided manufacturing), 3D 프린팅(3-dimensional printing) 기술 등은 환자의 구강 인상 채득부터 치과 보철물 완성까지 전반적인 작업들이 컴퓨터에 의해 진행되는 디지털 공정에 의해 제작된다. 이는 진료실과 치과기공실의 직무 환경에 많은 영향을 미치고 있으며, 종전의 수작업 방식보다 관련 기자재들이 다양해지고, 활용범위가 넓어졌으며, 이로 인해 환자가 겪는 치과 의료 서비스의 질이 향상되고 있다(Kim 등, 2014).

치과용 캐드캠과 3D 프린터기에 의하면 환자의 구강 인상 채득을 구강 내 카메라(intra oral scanner)를 활용하여 채득하고, 채득된 정보는 컴퓨터 모니터에서 확인이 가능한 디지털 모형으로 제작된다. 디지털 모형은 전용의 치과 보철물 모델링 프로그램을 활용해서 환자에게 해당하는 치과용 보철물을 컴퓨터 모니터 상에서 디자인하고, 디자인이 마무리되면 관련 정보를 파일화하여 치과 보철물 제작을 위한 장비로 전송하게 된다. 치과 보철물의 제작은 크게 삭제방식(subtractive method)과 첨가방식(additive method)으로 구분되는데, 삭제방식은 기존 산업 분야에서 사용중인 CNC(computer numerical control) 가공 방식의 절삭법으로 블록 형태의 재료를 절삭, 가공하여 최종 결과물을 완성하는 방식이다(Bidra AS 등, 2013). 현재 다양한 심미치과보철재료의 활용이 가능한 방식이기에 많은 치과용 캐드캠이 삭제방식에 의한 제작 과정을 채택하고 있다. 그러나 제작 과정 상 블록 형태의 재료를 삭제하여 치과 보철물을 완성하므로 재료가 낭비가 불가피한 것이 단점이다(Strub JR, 2006).

첨가방식은 삭제방식의 단점을 보완하고자 도입된 방법으로 블록형태의 재료가 아닌 가루 혹은 액상의 재료를 이용하여 결과물을 완성한다. 준비된 재료에 필요한 부분만 한정적으로 고온의 레이저를 이용해 조사하는데, 해당 부분은 약 20-50 $\mu$ m 두께의 얇은 층으로 응고가 되고, 응고된 층 위에 같은 공정을 반복적으로 행함으로써 최종 치과 보철물을 완성한다(van Noort R, 2012). 삭제방식과 비교했을 때 심미치과 보철재료 활용 범위가 제한적이지만, 사용하는 재료의 낭비가 적고, 미세 부위 재현 능력이 우수하다(Oh 등, 2016). 최근 관심이 높아지고 있는 3D 프린터기의 출력방식이 첨가방식에 근거하고 있다. 현재 다양한 종류의 레이저를 활용하여 재료를 응고, 적층하는 기술이 채택되고 있으며, 채택된 레이저의

종류나 온도 그리고 사용 가능한 재료 범위에 따라 기술을 칭하는 용어가 다양하게 정의되고 있다. 많은 첨가방식 기술 중 치과 보철물의 제작 방식으로 활용되는 것 중 하나로 SLS(selective laser sintering)방식이 있다.

SLS는 선택적 레이저 소결 방식으로 정의되며, 치과 보철용 금속 가루를 레이저를 이용하여 조사하는 공정을 통해 생성되는 얇은 금속 층을 반복적으로 생성, 적층함으로써 치과 보철물을 완성하는 방식이다. 해당 방식의 치과 보철물 제작 활용 범위는 고정성 치과 보철물부터 가철성 치과 보철물까지 지속적으로 증가할 것으로 보이나 이와 관련된 연구는 미비한 실정이다. 때문에 본 연구에서는 선택적 레이저 소결 방식(SLS)을 활용하여 완성된 고정성 치과 보철물의 변연 및 내면 간격을 평가하고, 이를 근거로 해당 분야 종사자들(치과외과, 치과기공사, 치과위생사 등)에게 임상적 참고 자료를 제시하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구 모형 제작

본 연구에서는 실험을 위한 연구 모형으로 상악의 우측 중절치 모형을 사용하였다. 준비된 모형을 이용하여 지대치로 형성하였으며, 지대치 형성을 위한 모형의 삭제는 치과용 CAD program을 이용하여 설계하였다. 치면 삭제량은 1.2mm의 깊이로 삭제하였고, 변연부는 chamfer type으로 형성하였다. 측면의 각도는 12°를 부여하였고, 위의 내용을 설계한 뒤 정보가 저장된 파일을 NC(Numercial control) 파일로 변환 후 티타늄 블록을 가공하는 형식으로 연구 모형을 완성하였다



Figure 1. The titanium master model

제작된 티타늄 모형의 경우 SLS기법으로 구강 보철물 제작을 위한 스캐닝 과정에 적합하지 않은 모형이기 때문에 티타늄 모형을 토대로 치과용 실리콘 인상재(Deguform; DeguDent GmbH, Hanau-wolfgang, Germany)를 사용하여 총 10개의 몰드를 완성하였다. 완성된 몰드에 치과용 스캐너 전용 석고(Everast Rock; KaVo Dental GmbH, Biberach/Riß, Germany)를 제조사의 권장 혼수비에 준수하여 혼합한 뒤 주입하였다. 석고의 최종 경화가 마무리된 후 몰드에서 안전하게 분리하는 과정으로 총 10개의 석고 모형을 완성하였다.

## 2. 고정성 치과 보철물 제작 (SLS집단, CAST집단)

고정성 치과 보철물(FDPs)의 제작은 두 집단으로 구분하였다. 본 연구에서 평가하고자 하는 SLS 방식에 의해 제작된 집단(SLS group)과 이를 비교 평가하기 위한 집단(CAST group)으로 구성하였다. 실험군인 SLS 집단의 시편들을 제작하기 위해 준비된 석고 모형들을 치과 기공실용 스캐너(D-700, 3Shape A/S, Copenhagen, Denmark)를 활용하여 디지털 모형으로 스캔하였다. 디지털 모형을 활용하여 고정성 치과 보철물 중에 하나인 금속도재관(porcelain fused to metal crown)의 하부구조물(metal core)의 형태로 FDPs를 디자인 하였다. 시편의 디자인은 치과용 보철물 모델링 전용 프로그램(Dental designer, 3Shape A/S, Copenhagen, Denmark)을 이용하였으며, 디자인을 마무리한 후 관련 파일을 치과 보철물 제작용 SLS장비(EOSINT M270, EOS GmbH, Germany)에 이전하였다. 이전된 파일을 토대로 SLS장비를 활용하여 금속 가루로 시편을 출력하였으며, 출력에 사용한 재료는 Co-Cr alloy(EOS CobaltChrome MP1, EOS GmbH, München, Germany)이며, 조성은 table 1과 같다. 해당 재료를 고온의 레이저를 이용하여 부분적으로 소결하여 20 µm의 얇은 층을 형성하였으며, 그 위에 반복적으로 적층하는 방식에 따라 시편 10개를 완성하였다(SLS집단).

실험군인 SLS집단을 제작한 석고 모형을 이용하여 대조군인 CAST집단의 시편을 제작하였다. 동일한 10개의 석고 모형에 치과용 왁스(THOWAX Sculpturing wax, YETI DENTAL, Engan, Germany)를 활용하여 마찬가지로 금속도재관 제작을 위한 하부구조물을 디자인 하여 납형을 완성하였다. 납형은

형태의 균일성을 위해 동일 왁스를 이용하였으며, 1인의 숙련된 치과기공사가 10개 모두 제작하였다. 10개 납형의 절단부 중심에 주입선을 부착하였고, 매몰(Bellavest® SH, Bego GmbH, Bremen, Germany)작업을 수행하였다. 사용한 매몰재는 제조사의 혼수비를 준수하였고, 진공 혼합 과정을 거쳐 진공 매몰과정을 수행하였다. 각 시편 1개당 1개의 별도 매몰링을 이용하였으며, 10개의 링이 모두 경화된 후 소환하였다. 소환과정은 최종온도 950°C의 온도에서 60분간 계류하여 왁스를 소각하였으며, 그 후 주조 작업을 진행하였다. 주조는 고주파주조기(Fornax® T, Bego GmbH, Bremen, Germany)를 이용하였으며, 용융온도는 1400°C로 균일하게 적용하여 시편 10개를 주조하였다. 주조 후 10개 시편 모두 별도의 연마 과정은 거치지 않았으며, 매몰재만 제거하는 과정을 통해 시편 10개를 완성하였다(CAST 집단). 주조 시 사용한 재료는 금속도재관의 하부 구조물 전용 재료인 Co-Cr alloy(Wirobond® C, Bego GmbH, Bremen, Germany)를 이용하였으며, 성분은 table 1과 같다.

Table 1. Composition of materials (Wt %).

Composition	Co	Cr	Mo	Si	Mn	Fe	C	Ni	W
SLS	60-65	26-30	5-7	≤1.0	≤1.0	≤0.75	≤0.16	≤0.10	-
CAST	63.5	24.8	5.1	-	-	-	-	-	5.3

## 3. 변연 및 내면 간격의 정의와 측정

앞서 제작된 실험군과 대조군 총 20개 시편의 변연 및 내면 간격을 평가하고자 각 측정 부위에 대한 정의를 내렸다. 변연 및 내면 간격의 정의는 선행 연구에 의해 발표된 근거에 따랐으며, 변연 간격은 석고 모형의 치경선에서 시편 내면까지 수직 거리로 변연 간격을 정의하였다(Figure 2). 내면 간격 또한 측벽 부위와 절단 부위로 나누어 지정하였으며(Kim KB 등, 2013), 역시 석고 모형에서 시편 내면까지의 수직적인 거리로 정의하였다(Figure 2), (Kokubo Y 등, 2005). 변연 및 내면 간격의 측정법으로는 많은 연구에서 사용되었으며, 측정의 신뢰도 및 정확도가 검증된 실리콘 복제법을 이용하였다(Kim 등, 2012). 해당 방법에 따르면 시편과 석고 모형과의 간격을 연결의 실리콘으로 복제하고, 그 두께를 측정하는 방법이다. 이 방법은 구강 내는 물론이며, 구강 외에서도 측정이 가능한 측정법

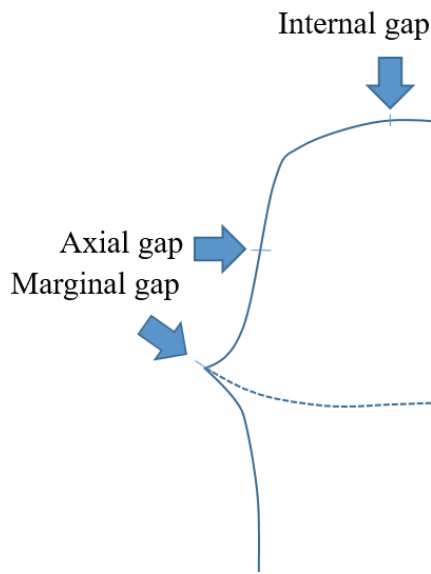


Figure 2. The concept of marginal and internal gaps.

이다.

두 집단, 총 20개 시편의 변연 및 내면 간격을 측정하기 위하여 각 시편의 내면을 연질의 실리콘으로 채웠다(Aquasil Ultra XLV, Densply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany). 연질의 실리콘으로 채워진 시편은 각각에 해당되는 석고 모형에 시적 하였으며, 치아 장축 방향으로 압박을 가하였고, 압박은 연질 실리콘의 경화가 완전히 끝날 때까지 유지 하였다. 연질의 실리콘이 최종 경화된 후 각 석고 모형들에서 시편들만 조심히 탈거하였으며, 석고 모형을 덮고 있는 연질 실리콘은 치과용 putty를 이용하여 감싸는 방식으로 연질 실리콘을 보강하였다(Figure 3-A).

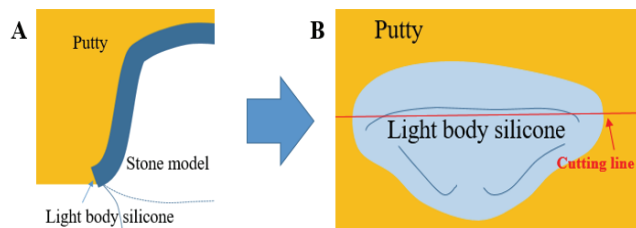


Figure 3. The silicone replicas(orange color: putty, blue color: light body silicone, red line: cutting line)

A: Labial view, B: Incisal view

Putty를 이용하여 시편과 모형의 간격이 복제된 연질 실리콘을 감싸준 이유는 측정을 위해서 연질 실리콘을 절단하여야 하는데, 복제된 두께가 매우 얇기 때문에 정밀한 절단이 어렵기 때문이다. Putty의 최종 경화가 끝난 후 석고 모형에서 분리하였고, 제거된 실리콘들은 측정을 위해 근원심 방향으로 절단하였다(Figure 3-B). 절단된 조각의 단면을 디지털 전자현미경을 이용하여 160배율로 확대한 뒤 연질 실리콘 두께를 측정하는 방식으로 변연 및 내면 간격을 측정하였다(Figure 4).

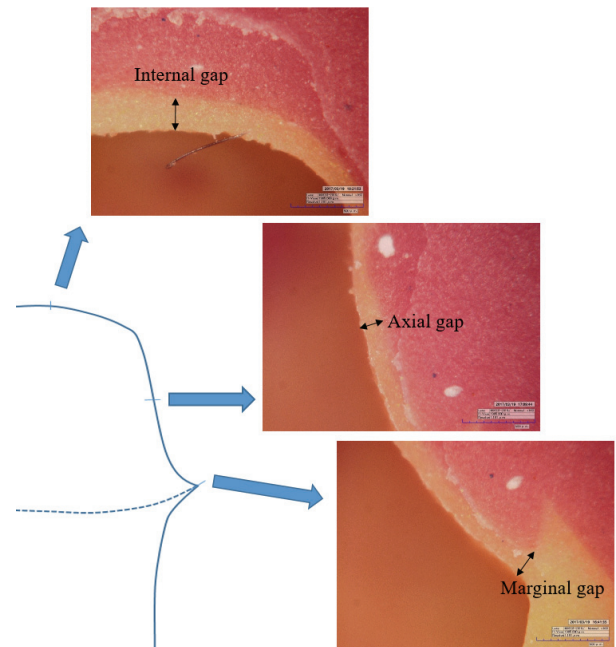


Figure 4. The evaluation of gaps of FDPs using by digital microscope(x160)

#### 4. 통계 분석

본 연구의 실험군인 SLS집단과 대조군인 CAST집단에서 측정된 총 60군데(변연·축벽·절단 간격 3부위 x 시편10개 x 2집단) 간격의 평균 및 표준편차를 산출하였고, 정규분포 여부를 검정하기 위하여 Shapiro-Wilk 검정을 수행하였다. 검정 결과에 따라 이들 값은 통계적으로 유의한지 검증하고자 독립표본 t-검정을 수행하였다( $\alpha$  error=0.05). 본 연구에서 수행된 통계분석은 SPSS 통계 프로그램(IBM SPSS statistics ver. 22.0, IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하였다.

### III. 결 과

SLS와 CAST집단의 변연 간격, 측면 간격, 절단 간격의 평균(표준편차)은 table 2와 같았고, Shapiro-Wilk 검정 결과 p-value가 0.05보다 크므로, 정규분포 하는 것으로 조사되었다. 두 집단의 변연 간격의 평균(표준편차)은 SLS집단 96.4(10.5)  $\mu\text{m}$ , CAST집단 68.6(9.4)  $\mu\text{m}$ 이었고, 독립표본 t-검정의 결과 두 집단의 평균은 통계적으로 유의하였다( $p=0.001$ ). 측면 간격의 경우 SLS집단의 평균(표준편차)이 41.3(8.3)  $\mu\text{m}$ , CAST집단 26.8(6.1)  $\mu\text{m}$ 이었고, 독립표본 t-검정의 결과에서는 통계적으로 유의하지 않았다( $p=0.336$ ). 끝으로 절단 간격의 평균(표준편차)은 SLS집단 92.9(9.6)  $\mu\text{m}$ , CAST집단 53.0(10.9)  $\mu\text{m}$ 로 조사되었고, 독립표본 t-검정의 결과에서는 측면 간격과 마찬가지로 통계적으로 유의하지 않았다( $p=0.053$ ).

Table 2. Mean(standard deviations) of marginal and internal gaps of SLS and CAST groups at three positions (unit= $\mu\text{m}$ ), (n=10).

Gaps	SLS <sup>1</sup>	CAST <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>
Marginal gap	96.4(10.5)	68.6(9.4)	0.001
Axial gap	41.3(8.3)	26.8(6.1)	0.336
Incisal gap	92.9(9.6)	53.0(10.9)	0.053

<sup>1</sup>SLS: selective laser sintering technology

<sup>2</sup>CAST: lost wax technique and casting method

<sup>3</sup>p-value: results of independent t-test

### IV. 고 찰

4차 산업혁명의 시작으로 산업분야 전반적으로 아날로그 시대에서 디지털 시대로의 전환이 이루어지고 있다. 의학 분야 역시 영향을 받고 있는데, 이러한 영향으로 치의학 분야에서는 치과용 캐드캠과 3D 프린터의 활용 범위가 증가하고 있다. 특히 구강 보철물을 제작하는 방법에 전반적인 영향을 미치고 있으며, 치과용 디지털 기자재들에 의해 치과 의료 시스템의 일부가 바뀌어가고 있다. 오늘날의 디지털 기자재는 치의학 관련 의료기기와 소재 등의 발전을 이끌고 있으며, 때

문에 치료실의 진료 방식은 물론 기공실과 기공소 내에서 진행되는 구강 보철물 제작 방식이 기존의 아날로그적인 방식에서 디지털 기반 방식으로 변화되고 있다. 관련 기기 및 소재들의 발전이 매우 빠르므로 이들의 임상적 허용 가능 여부를 가늠해보는 연구는 매우 중요하고, 앞으로도 지속적으로 진행될 필요가 있다고 생각한다.

때문에 본 연구에서는 구강 보철물 제작과 관련하여 최신 기술 중 하나인 선택적 레이저 소결 방식(selective laser sintering, SLS)으로 제작된 고정성 치과 보철물(fixed dental prostheses, FDPs)의 변연 및 내면 간격(측면 간격, 절단 간격)을 측정하고, 기존의 주조 방식에 의해 제작된 것들의 간격들과 비교 평가하였다. 이를 통해 SLS 기술에 의해 제작된 FDPs의 임상적 허용 가능여부를 가늠해 보고, 해당 임상분야의 종사자들(치과의사, 치과기공사, 치과위생사 등)에게 참고 자료를 제시하여 보고자 하였다.

본 실험에서는 실험군 SLS집단과 대조군 CAST집단 별로 각 10개씩의 시편을 제작하여 각 시편의 변연·측면·절단 간격 3군데씩 20개 시편 총 60군데의 간격을 측정하였고, 두 집단의 평균을 통계적 분석에 의해 비교평가 하였다. 그 결과 분석된 3군데의 간격 모두에서 선택적 레이저 소결 방식에 의해 완성된 SLS시편들보다 기존 방식인 왁스 소각 기술에 의해 완성된 CAST시편들의 간격이 더 작은 것으로 조사됨에 따라 적합도는 CAST집단이 더 우수한 것으로 확인되었다.

각 시편들의 부위별 간격을 측정하고자 본 실험에서 사용한 방법은 실리콘 복제법인데, 이 방법에 의하면 흐름성이 좋은 연질의 실리콘을 각 시편의 내면에 가득 채우고, 주어진 석고 모형에 시적하여 모형과 시편 내면의 간격을 복제하는 방법이다. 내면의 간격이 복제된 실리콘을 절단하고, 그 두께를 측정하여 간격을 조사하는 기술이다. 이 기술의 경우 구강 내 지대치를 대상으로 측정이 가능하며, 측정법이 비교적 간편한 반면 연질 실리콘을 절단하고, 절단된 단면만 측정이 가능하므로 다양한 부분의 측정은 불가능하다. 또한 측정에 사용한 연질 실리콘의 수축 문제 등으로 인해 측정값이 영향을 받을 수 있는 등의 단점도 있다.

특히 다양한 부분에서의 측정이 불가능 한 것은 단점 중 가장 큰 부분으로써 선행 연구자에 따르면 고정성 치과 보철물의 적합도를 평가하기 위해서는 단일 증례 보철물을 기준으

로 적어도 50군데 이상의 간격이 측정되어야 하는 것이 바람직하다고 보고되었다(Groten M 등, 2000). 본 연구에서 사용한 실리콘 복제법의 경우 실리콘을 절단 후 측정하여야 하는 한계점 때문에 위의 조건에 충족되지는 않지만(Beuer F 등, 2009), 측정 방법으로써의 정확도와 신뢰도가 높은 방법이라 보고되었고(Kim JH 등, 2012), 측정에 사용된 모형과 시편 등이 파괴되지 않는 장점 등으로 관련 분야의 연구에서 흔히 사용되는 측정법 중에 한가지이다(Kohorst P 등, 2010; Laurent M 등, 2008).

본 연구에서 사용한 측정법의 한계점을 극복하려면 석고 모형에 각 시편을 시적한 채로 변연 간격을 현미경 등으로 관찰하여 측정하는 직접 측정법(direct measuring method)을 사용하거나 컴퓨터 프로그램을 활용한 3D 측정 방법을 이용하여야 한다. 그러나 직접 측정법의 경우 현미경으로 관찰되는 부분만의 측정이 가능하므로 단순히 수직적 거리로만 측정이 되며, 수평적 거리는 측정 과정에서 무시 되므로 신뢰도가 높은 측정 방법이라고 보기에는 다소 무리이다(Martinez-Rus F, 2011). 컴퓨터 프로그램을 활용한 3D 측정 방법의 경우에는 내면 간격의 측정은 용이하나 변연 간격의 측정이 어려운 단점이 있다(Kim KB 등, 2014). 이에 반해 실리콘 복제법은 간격 측정 시 수평적 거리도 반영하여 측정되며, 변연 부위의 측정이 편리한 것이 장점이다.

본 연구 결과에 따르면 선택적 레이저 소결 방식에 의해 제작된 고정성 치과 보철물의 간격들이 종전의 왁스 조각 기술에 의해 제작된 보철물들 보다 크게 조사되었다. 즉 적합도가 우수하지 못한 결과로 분석되었는데, 이러한 결과의 원인으로서는 다양한 요인들이 작용했을 것으로 생각된다. 석고 모형의 스캐닝하는 과정, 모델링 프로그램을 이용한 고정성 치과 보철물의 디자인 과정 중에서의 오차 등 시편 제작 과정에서 발생할 수 있는 크고 작은 오차들에 의해 시편의 간격이 영향을 받았다고 생각한다.

또한 이외는 별개로 연구 모형 제작 중의 지대치의 설계 과정, 변연부의 디자인 형태, 시편의 두께 및 재료, 간격을 측정하는 방법 등 고정성 치과 보철물의 간격에 영향을 미치는 변수들이 매우 다양하므로 해당 원인을 명확하게 규명하는 것은 어렵다고 생각한다. 본 연구를 위한 실험 과정에서는 이들 모든 변수들을 완벽히 제어하지는 못했으나 실험군과

대조군 집단의 석고 모형을 동일한 것을 사용한 부분과 각 집단의 시편 제작 재료도 성분이 가급적 비슷한 재료의 선정 부분 등은 발생할 수 있는 다양한 변수들을 최대한 제어하고자 함이었다. 반면에 증례가 다양하지 못한 부분과 측정 과정 도중 실리콘의 변형 문제 등에 대해 정확한 분석이 부족했던 것 등은 본 실험의 한계점으로 생각된다.

특히 연구 모형의 변연부 형태를 다양하게 제작하지 못하고 chamfer type으로 형성한 것은 본 실험의 가장 큰 한계점으로 사료되는데, chamfer type으로 제한한 이유는 다음과 같다. SLS 기법을 이용한 시편 제작 과정에 있어서 첫 번째 과정이자 가장 중요한 과정 중 하나는 스캐닝의 정확도이다. 정확한 스캐닝의 성패는 해당 지대치의 변연이 정확하게 스캐닝 되었는지의 척도로써 이를 위해 선행연구에서는 shoulder 변연 그리고 평행한 측면은 피할 것을 권장하였다(Beuer F 등, 2008). 또한 덧붙여 chamfer type의 변연을 선택하고, 측면의 각으로 4-10°로 선정하는 것이 가장 바람직하다고 보고하였다(Beuer F 등, 2008). 한편 변연부 형태와 변연 및 내면 간격의 연관성으로는 일반적인 PFM (porcelain fused to metal crown) 제작 시 shoulder type이 chamfer type보다 덜 왜곡된다고 보고되었다(Shillingburg Jr HT 등, 1973). 하지만 그 정도는 크지 않으며, 선행연구에 따르면 고정성 보철물의 변연부 형태에 따른 변연 간격의 왜곡 정도는 환자의 구강 내 최종 세팅에 영향을 미치는 정도는 아니라고 보고되었다(De Hoff PH 등, 1984).

추후 진행될 관련 연구에서는 선택적 레이저 소결 방식을 활용하여 다양한 증례의 고정성 치과 보철물들을 제작하고, 이들의 간격을 평가할 필요가 있어보이며, 측정에 관여하는 다양한 요인들을 과학적으로 통제하여 지금보다 신뢰도가 높은 결과물들이 지속적으로 발표되어야 할 것으로 보인다. 본 연구의 의의는 선택적 레이저 소결 방식으로 제작된 고정성 치과 보철물의 부위별 간격을 측정하여 기존의 방식들에 의해 제작된 것들과 비교 평가함으로써 해당 임상가들에게 참고할 수 있는 자료를 제시한 점이며, 대조군인 왁스 조각 기술과 주조 방식을 활용하여 제작한 고정성 치과 보철물들의 적합도가 우수하였다. 그러나 선택적 레이저 소결 방식에 의해 제작된 고정성 치과 보철물의 간격이 McLean과 von Fraunhofer가 제시하였던 임상적 제한 수치는 넘지 않는 것으로 조사됨

에 따라 임상적으로는 사용이 가능한 것으로 생각된다 (McLean 등, 1971).

## V. 결론

본 연구에서는 선택적 레이저 소결 방식에 의해 제작된 고정성 치과 보철물의 간격을 측정하고, 주조 방식을 이용하여 제작한 것들과 비교평가 하였다. 그 결과 선택적 레이저소결 방식으로 제작된 것들이 주조 방식에 의해 제작된 것들보다 간격이 큰 것으로 조사되었고, 특히 변연 간격은 두 집단이 서로 통계적으로 유의하였으나 나머지 내면 간격 및 절단 간격은 통계적으로 유의하지 않았다.

그러나 두 집단의 간격 차이는 큰 차이가 아닌 것으로 보이며, 특히 관련 선행 연구에서 제시하였던 고정성 치과 보철물 간격 수치의 임상적 제한 범위 내에 존재하는 것으로 조사됨에 따라 간격을 기준으로 평가했을 때 임상적 허용은 가능하다고 사료된다. 그러나 기존의 주조 방식에 의해 제작된 고정성 치과 보철물을 대신하기 위해서는 지속적인 연구를 통한 끊임없는 개선이 필요해 보인다.

## VI. 참고문헌

Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J* 204:505-511.

Beuer F, Aggstaller H, Edelhoff D, Gernet W, Sorensen J (2009). Marginal and internal fits of fixed dental prostheses zirconia retainers. *Dent Mater* 25:94-102.

Bidra AS, Taylor TD, Agar JR (2013). Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent* 109:361-366.

De Hoff PH, Anusvice KJ (1984). Effect of metal design on marginal distortion of metal ceramic crowns. *J Dent*

*Res* 63:1327.

Groten M, Axmann D, Pröbster L, Weber H (2000). Determination of the minimum number of marginal gap measurements required for practical in-vitro testing. *J Prosthet Dent* 83:40-49.

Kim JH, Kim KB (2012). An evaluation validity of the silicone replica technique at measurement on fit of fixed dental prostheses. *J Dent Hyg Sci* 12:566-571.

Kim KB, Kim WC, Kim HY, Kim JH (2013). An evaluation of marginal fit of three-unit fixed dental prostheses fabricated by direct metal laser sintering system. *Dent Mater* 29:e91-e96.

Kim KB, Kim JH, Kim WC, Kim JH (2014). Three-dimensional evaluation of gaps associated with fixed dental prostheses fabricated with new technologies. *J Prosthet Dent* 112:1432-1436.

Kim RW, Jang GW, Heo YRR, Son MK (2014). Understanding and Application of Digital Impression in Dentistry. *Kor J Dent Mater* 41:253-261.

Kohorst P, Brinkmann H, Dittmer MP, Borchers L, Stiesch M (2010). Influence of the veneering process on the marginal fit of zirconia fixed dental prostheses. *J Oral Rehabil* 37:283-291.

Kokubo Y, Nagayama Y, Tsumita M, Ohkubo C, Fukushima S, Vult von Steyern P (2005). Clinical marginal and internal gaps of in-ceram crowns fabricated using the GN-I system. *J Oral Rehabil* 32:753-758.

Laurent M, Scheer P, Dejoux J, Laborde G (2008). Clinical evaluation of the marginal fit of cast crowns-validation of the silicone replica method. *J Oral Rehabil* 35:116-122.

Martínez-Rus F, Suárez MJ, Rivera B, Pradíes G (2011). Evaluation of the absolute marginal discrepancy of zirconia-based ceramic copings. *J Prosthet Dent* 105:108-114.

McLean JW, von Fraunhofer JA (1971). The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent*

- J* 131:107-111.
- Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y (2009). A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 28:44-56.
- Oh YJ, Seok SH, Lee SH, Kim KM, Kwon JS, Lim BS (2016). Evaluation of Physical Properties of Titanium Specimen Fabricated by 3D Printing Technique. *Kor J Dent Mater* 43:29-42.
- Shillingburg Jr HT, Hobo S, Fisher DW (1973). Preparation design and margin distortion in porcelain-fused-to-metal restorations. *J Prosthet Dent* 29:3-8.
- Strub JR, Rekow ED, Witkowski S (2006). Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *J Am Dent Assoc* 137:1289-1296.
- van Noort R (2012). The future of dental devices is digital. *Dent Mater* 28:3-12.



## 선택적 레이저 소결 방식에 의해 출력된 고정성 치과 보철물의 변연 및 내면 간격 평가

김원수, 김기백

대전보건대학교 치기공과

본 연구의 목적은 선택적 레이저 소결 방식(SLS)에 의해 출력된 고정성 치과 보철물(FDPs)의 변연 및 내면(측벽, 절단) 간격을 평가하는 것이다. 연구를 위한 티타늄 주 모형을 제작하였고, 이를 토대로 10개의 석고 모형을 준비하였다. 실험군으로써 SLS방식에 의해 10개의 FDPs를 제작하고(SLS집단), 대조군으로써 주조 방식에 의해 10개의 FDPs를 제작하였다(CAST집단). FDPs의 변연 및 내면 간격의 측정은 실리콘 복제법을 이용하였으며, 측정에는 디지털 전자현미경을 이용하였다(x160). 통계 분석은 독립표본 t검정을 이용하여 분석하였다( $\alpha=0.05$ ). 그 결과 변연 간격의 평균(표준편차)은 SLS집단 96.4(10.5)  $\mu\text{m}$ , CAST집단 68.6(9.4)  $\mu\text{m}$ ( $p=0.001$ ), 내면 간격에서 측면 간격은 SLS집단이 41.3(8.3)  $\mu\text{m}$ , CAST집단 26.8(6.1)  $\mu\text{m}$ ( $p=0.336$ )으로 조사되었으며, 끝으로 절단 간격에서는 SLS집단 92.9(9.6)  $\mu\text{m}$ , CAST집단 53.0(10.9)  $\mu\text{m}$ ( $p=0.053$ )으로 조사되었다. 본 연구 결과에 따라 SLS 방식에 의해 제작된 FDPs는 임상적으로 허용이 가능할 것으로 사료된다.

**주제어:** 3D 프린팅, 변연, 적합도