

## 첨가법에 의해 제작된 단관의 내면 적합도 분석

김 원 수

대전보건대학교 치기공과

### Analysis of internal fitness of single crown fabricated by additive method

Won-Soo Kim

Department of Dental Laboratory Technology, Health institute of technology

#### [Abstract]

**Purpose:** The purpose of this study was to analysis the internal fitness of single crown fabricated by additive method technique.

**Methods:** Study models were fabricated. Ten crowns were manufactured by additive method technique (AM group) and another ten crowns using conventional method were manufactured (CM group). The internal fitness of specimens were measured using silicone replica technique. Silicone replicas were sectioned one times (direction: from mesial to distal). The internal fitness were evaluated using by digital microscope. Statistical analyses were performed with independent samples t-test. ( $\alpha=0.05$ ).

**Results:** Mean(SD) of all internal fitness were  $92.1(20.0)\mu\text{m}$  for AM group and  $69.7(12.3)\mu\text{m}$  for CM group. Two groups were statistically significant differences ( $p<0.001$ ).

**Conclusion:** All internal gaps of AM group were ranged within the clinical recommendation ( $120\beta\neq$ ).

○Key words : Additive manufacturing, Fitness, Internal fit, Single crown

교신저자	성명	김 원 수	전화	042-670-9185	E-mail	wskim@hit.ac.kr	
	주소	대전광역시 동구 충청로 21					
접수일	2015. 10. 27		수정일	2015. 11. 25		확정일	2015. 12. 11

## I. 서론

지난 수십년 간 치과보철물 제작 기술은 많은 발전을 거듭하였다. 전통적인 보철물 제작 방식인 금속의 주조법, 레진의 dough 모델링 기법, 도재의 소결법 등은 gold standard로서 여겨져 왔다. 그 이유는 비교적 정교한 보철물을 완성할 수 있기 때문인 것으로 생각되는데, 이러한 장점에 비해 시작부터 완성까지 철저하게 수작업에 의하며 소요 시간이 많다는 것과 재료의 낭비 그리고 제작하는 술자의 숙련도에 따라 보철물의 완성도가 좌우되는 것은 단점으로 지적된다(Miyazaki et al, 2009).

최근 의학 및 여러 제조 산업 분야에서 아날로그 방식이 디지털 방식으로 변화가 시도되고 있는데, 이는 치의학 분야에도 영향을 주고 있다. 특히 얼마 전 치과보철물의 자동화, 표준화 제작을 목적으로 개발 및 소개된 치과 캐드캠(CAD/CAM, computer aided design/computer aided manufacturing) 기술은 치의학 분야 전반적으로 많은 변화를 가져왔다(Rekow, 1993). 이 기술을 이용하면 보철물 제작 시간을 줄여줄 뿐 만 아니라 경험 의존적인 단점을 없애주는 한편 보철물의 디자인이 컴퓨터 파일로 저장되는 만큼 동일한 보철물의 재제작이 가능해진다. 또한 환자 구강 정보가 컴퓨터 파일로 저장되므로 기존 석고 모형을 보관하게 될 경우 공간상의 문제 등을 해소하여 줄 수 있다(Kim et al, 2013).

치과용 캐드캠 기술에 의하면 환자로부터 채득된 인상재 혹은 석고 모형을 치과용 스캐너로 스캐닝하여 디지털 모형을 제작하게 된다. 제작된 디지털 모형에 전용 프로그램 이용하여 해당 보철물을 디자인 한 뒤 절삭 장비에 정보를 전송하게 되면 가공 등을 통해 보철물이 완성된다. 초창기부터 아직까지 많은 치과용 캐드캠들이 보철물의 제작방식으로 삭제법(subtractive method)을 채택하고 있다. 이 방법의 경우 디자인이 완성된 파일을 토대로 블록형태의 재료를 절삭, 삭제하여 보철물을 완성하게 된다. 심미 보철 재료인 지르코니아의 적용이 가능한 점, 기존 방식보다 제작 방식이 편리한 점 등의 장점이 있으나 결과물을 얻기 까지 버려지는 재료의 양이 많다는 점, 함몰부위(undercut) 정도가 심한 보철물의 정도는 재현이 불가능한 점 등은 단점이다(Strub et al, 2006).

앞서 기술한 삭제법의 단점을 보완하고자, 첨가법(additive method)이 치과 캐드캠의 보철물 제작 기술로 시도되고 있는데 이 방법에 의하면 블록형태의 재료를 절삭하는 삭제법과 달리 가루 혹은 액상의 재료를 고온의 레이저를 이용하여 용융하여 제작한다. 재료를 레이저로 조사하면 얇은 층이 만들어지는데, 이와 같은 방식을 반복하여 얇은 층 위에 또 다른 층이 반복 적층됨으로써 최종 결과물을 완성한다(Witkowski et al, 2005). 최근 치과용 첨가법 기술을 보면 대부분 레진 혹은 금속계열 재료들이 주로 이용되고 있다(Bidra et al, 2013; van Noort, 2012).

현재 첨가법은 고정성, 가철성 보철물 제작에 가리지 않고, 이용되고 있으나 이들 기술과 관련한 연구는 현재 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 치과용 보철물 제작 기술로 도입된 첨가법 기술에 의해 제작된 단관의 품질을 평가해보고자 한다. 단관의 품질을 가늠하는 척도에는 여러 가지가 있겠으나 가장 중요한 것 중 하나는 해당 보철물과 지대치와의 거리 즉 내면 적합도이다(Bindl and Mormann, 2005). 기존 삭제법 방식에 의해 제작된 단관의 내면 적합도를 분석한 연구는 이미 여러 선행 연구자들에 의해 보고되었으나, 첨가법 기술에 의해 제작된 것을 분석한 연구는 미비한 실정이다. 때문에 본 연구에서는 첨가법 기술에 의해 제작된 단관의 내면 적합도를 분석하여 임상 종사자들에게 참고자료를 제시하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 모형 제작

본 연구에서는 단관 제작을 위한 지대치로 상악 우측 제1대구치 치형(Frasaco GmbH, Tetttnang, Germany)을 선정하였다. 삭제가 되지 않은 치형을 대상으로 측벽의 치면은 1.2 mm의 깊이로 삭제하였으며, 변연의 형태는 일반적인 chamfer type으로 설계하였고, 각도는 12°로 설정하였다. 지대치 삭제가 완료된 모형은 Fig. 1과 같다. 주 치형인 티타늄 치형을 대상으로 치과용 인상재(Degufom; DeguDent GmbH, Hanau-wolfgang, Germany)를 이용하여 10개의 몰드를 제작하였다. 제작

된 몰드에 치과용 스캐너 전용 석고(Everast Rock; KaVo Dental GmbH, Biberach/Riß, Germany)를 이용하여 제작사의 권장 W/P ratio를 준수하여 진공 혼합한 뒤 최종 경화 후 몰드로부터 치형을 분리하는 방식으로 연구 치형 10개를 완성하였다.



Fig. 1. Titanium master model

### 2. 실험군(3D printing group)과 대조군(lost wax technique and casting) 제작

3D printing 기술에 의한 단관을 제작하기 위하여 앞서 제작된 치형들을 치과용 스캐너를 이용하여 디지털 치형(D-700, 3Shape A/S, Copenhagen, Denmark)으로 변환하였다. 변환된 디지털 치형을 토대로 해당 전용 프로그램을 이용하여 단관 보철물의 형태로 디자인을 완성하였다. 디자인이 끝난 정보는 파일로 저장하였으며, 해당 파일을 치과용 첨가법 전용 장비(ProJet 3500 HD max, CEP tech, Seoul, Korea)로 전송하였다. 전송된 파일의 정보를 토대로 고온의 레이저를 이용하여 광중합 레진 재료를 중합시키는 과정을 반복함으로써 레진 시편을 완성하였다. 완성된 레진 시편은 매몰과 소환 및 주조 과정을 통해 최종 실험군으로 완성되었다(AM group). 앞서 제작된 실험군의 비교 평가를 위하여 기존 제작방식인 왁스소각기술과 주조기술에 의하여 대조군을 제작하였다. 10개의 연구 모형에 치과용 인레이 왁스를 이용하여 납형 제작 후 슬랩대로 매몰, 소환 및 주조 과정을 통해 대조군을 완성하였다(CM group).

### 3. 내면간격 분석

앞서 제작된 실험군과 대조군의 내면 간격을 분석하기 위해 <Fig. 2>와 같이 한 시편 당 6지점의 내면 간격을 측

정하였으며(Kokubo et al 2011), 측정 방법으로는 기존의 많은 선행 연구에서 정확성과 신뢰성이 검증된 실리콘 복제 기술을 이용하였다(Kim et al 2014).

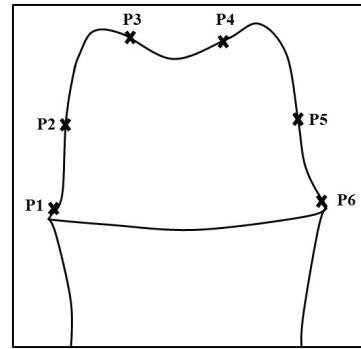


Fig. 2. Measurement points of internal gaps

보철물의 내면에 연질 실리콘(Aquasil Ultra XLV, Densply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany)을 채웠고, 내면에 연질 실리콘이 채워진 시편들은 해당 치형에 장축 방향으로 압력을 가한 후 최종 경화될 때까지 유지하였다. 연질 실리콘의 최종 경화 후 모형에서 조심히 시편만 제거한 뒤 경화된 연질 실리콘 위에 경질 실리콘을 도포하여 보강하였다(Fig. 3). 경질 실리콘을 보강한 이유는 내면 간격이 복제된 연질 실리콘의 경우 두께가 얇기 때문에 절단을 통한 측정이 불가능하기 때문이다. 경질 실리콘의 최종 경화가 끝난 후 <Fig. 3>과 같이 근원심 방향으로 내면 간격이 복제된 실리콘 복제본을 2등분하였다. 절단된 실리콘 복제본의 단면은 디지털 전자 현미경을 이용하여 160배로 확대한 후 연질 실리콘의 두께를 확인하는 방법으로 시편의 내면 간격을 측정하였다(Fig. 4).

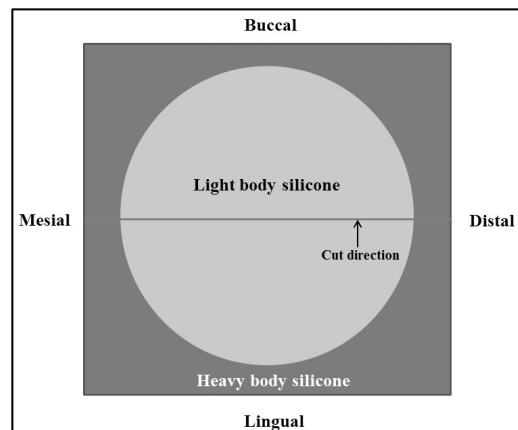


Fig. 3. Silicone replica (Occlusal view)

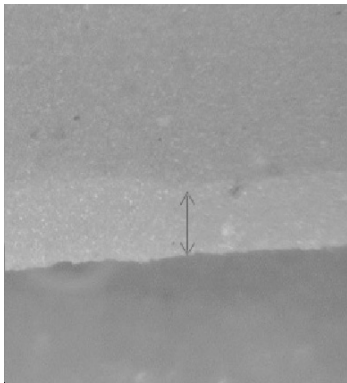


Fig. 4. Measurement of internal gap using by digital microscope

#### 4. 통계 분석

실험군(AM group), 대조군(CM group) 총20개의 시편에서 측정된 부위별 내면간격의 평균과 표준편차를 산출한 후 두 집단의 내면간격의 평균이 유의한지 알아보기 위하여 독립표본 t-검정을 수행하였다(제1종 오류수준: 0.05). 본 연구에서 수행된 모든 통계분석은 전용 프로그램(IBM SPSS statistics ver. 22.0, IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였다.

### III. 결 과

각 시편들에서 측정된 부위별 내면 간격은 <Table 1>과 같다. P1에서 내면간격의 평균(표준편차)은 AM집단 97.6(13.5) $\mu\text{m}$ , CM집단 68.0(12.9) $\mu\text{m}$ 이었다. P2는 AM집단과 CM집단이 각각 68.6(7.4) $\mu\text{m}$ , 60.0(6.3) $\mu\text{m}$ 이었고, P3은 각각 99.6(10.0) $\mu\text{m}$ , 78.8(11.2) $\mu\text{m}$ 이었다. 한편 P4에서는 AM집단 108.0(9.3) $\mu\text{m}$ , CM 80.2(11.0) $\mu\text{m}$ 이었으며, P5에서는 각각 68.8(12.7) $\mu\text{m}$ , 62.0(9.2) $\mu\text{m}$ 이었다. 끝으로 P6에서의 두 집단의 평균(표준편차)은 AM집단 110.2(11.0) $\mu\text{m}$ , CM집단 69.0(11.1) $\mu\text{m}$ 으로 조사되었다.

측정된 6 부위에서 실험군인 AM집단보다 대조군인 CM집단의 내면간격이 더 작은 것으로 조사되었으며, 두 집단의 평균을 비교하기 위하여 수행한 독립표본 t-검정의 결과는 다음과 같다(Table 1). 참고로 비교 평가한 6부위의 Levene의 등분산 검정 결과가 모두 0.05보다 커 유의성이 없는 것으로 확인됨에 따라 두 집단의 분산이 다

른 근거가 없기 때문에 ‘등분산이 가정됨’의 내용을 검정의 결과로 사용하였다. 검정 결과는 P1, P3, P4, P6에서  $p < 0.05$ 로 조사되어 4 부위에서 두 집단의 평균이 서로 유의한 것으로 조사된 반면 P2, P5에서는  $p > 0.05$ 로 조사됨에 따라 2 부위에서는 두 집단의 평균이 서로 유의하지 않은 것으로 조사되었다.

Table 1. Mean (SDs) of internal gaps of single crown fabricated by additive method and conventional method (unit= $\mu\text{m}$ )

Point	N	AM group	CM group	p-value
1	10	97.6 (13.5)	68.0 (12.9)	0.008
2	10	68.6 (7.4)	60.0 (6.3)	0.082
3	10	99.6 (10.0)	78.8 (11.2)	0.015
4	10	108.0 (9.3)	80.2 (11.0)	0.003
5	10	68.8 (12.7)	62.0 (9.2)	0.361
6	10	110.2 (11.0)	69.0 (11.1)	0.001
Total	60	92.1(20.0)	69.7(12.3)	0.001

### IV. 고 찰

최근 의료 및 제조 산업 분야 전반적으로 첨가법 기술에 대한 관심이 고조되고 있으며, 이러한 영향으로 치과 보철물 제작 방식에서 첨가법의 활용이 빠르게 증가하고 있다. 첨가법을 이용한 보철물 제작은 기존의 치과용 캐드캠에서 사용하던 삭제법보다 많은 장점이 있어 활용 범위는 앞으로 더욱 증가될 것으로 예상된다. 신기술과 신재료 발전의 속도가 빨라짐에 따라 변별력 있는 기술 활용을 위해서는 해당 기술의 평가 관련 연구가 무엇보다 중요하다고 생각된다. 본 연구는 최근 활용범위가 빠르게 증가하고 있는 첨가법으로 제작된 단관의 내면간격을 평가함으로써 해당 기술로 제작된 고정성 보철물의 임상적 허용성을 가늠해보았다는 점에서 의의가 있다.

첨가법으로 제작된 단관의 내면간격을 기존의 주조방식에 의해 제작된 것과 비교한 결과 측정된 모든 부위에서 전통적인 방식으로 제작된 보철물이 더 우수한 것으로 확인되었으며, 특히 변연부와 교합면부는 통계적으로 유의하였다. 그 이유는 다양하겠으나 첨가법으로 보철물 제작

시 1차적으로 광중합 레진을 레이저로 중합시키게 되는데, 이때 중합률이 완벽하지 않다는 점과 중합 수축 등의 문제에 기인한 것으로 사료된다. 본 연구에서는 이와 같은 오차를 최대한 배제하고자 시편 제작 후 즉시 매몰 과정을 진행하였다.

고정성 보철물의 임상적 허용 가능성을 평가하는 척도는 여러 가지가 있겠으나 그 중 하나는 해당 보철물의 적합도이다. 적합도란 치아와 고정성 보철물과의 간격을 의미하는데, 간격이 큰 보철물의 경우 간격이 작은 보철물보다 2차 우식 발병률이 높아 보철물의 수명이 짧아진다고 선행연구를 통하여 보고되었다(Foster, 1990; White et al, 1992). 고정성 보철물의 내면 간격의 임상적 허용 수치에 대해서는 많은 의견이 있으나 현재 가장 많은 연구자들이 신뢰하는 의견은 McLean의 의견이다. McLean은 120 $\mu$ m을 임상적 허용 수치로 주장하였으며(McLean and von Fraunhofer, 1971), 이에 대한 근거로서 임상적으로 실패한 많은 고정성 보철물의 적합도를 조사한 결과라고 주장하였다. McLean의 의견에 본 연구 결과를 비추어봤을 때 비록 AM 제작방식에 의해 제작된 보철물의 내면 간격이 전통적인 제작 방식에 의해 제작된 보철물들 보다 크긴 하였으나 임상적으로 허용이 가능할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 적합도 측정 방법으로 실리콘을 이용한 내면간격 복제방법을 사용하였는데, 이 기술은 이미 많은 선행 연구를 통해 신뢰성과 정확성이 검증된 방법으로서 시편과 모형을 파괴하지 않는 비파괴적 방법이다(Laurent et al, 2008). 또한 구강 내 적합도 측정이 가능한 유일한 방법이다. 그러나 한번 절단한 실리콘은 재활용 불가능한 점, 2차원적인 단면만 확인 가능한 점, 다양한 부위의 측정은 불가능한 점과 실리콘의 중합 수축 등의 문제는 본 측정 방식의 단점으로 지적된다. 최근에는 별도 재료를 활용하지 않고 컴퓨터를 이용한 다양한 적합도 측정 방식이 소개되고 있음에 따라 측정 방식에 대한 정확도 평가도 진행되어야 할 것으로 사료된다.

보철물 제작 기술의 발전의 속도가 매우 빠른 만큼 기공사들이 다양한 기술을 변별력 있게 받아들이기 위해서는 다양한 임상적 평가가 수행되어야 한다고 생각한다. 비록 본 연구에서 첨가법으로 제작된 단관의 내면간격을 중심

으로 해당 기술의 임상적 허용 가능성을 가늠해보긴 하였으나 단순한 증례인 단관인 점과 다양한 증례를 평가하지 못한 점, 시편의 수가 10개인 점 등은 본 연구의 제한점이라 생각된다. 또한 내면간격만 가지고 해당 기술의 임상적 허용 가능성을 논하기에는 많이 부족하므로, 다양한 부분의 평가 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

## V. 결 론

본 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 첨가법에 의해 제작된 단관의 내면 간격이 전통적인 주조 방식에 의해 제작된 것 보다 큰 것으로 조사되었고, 이는 적합도의 상대적인 결함으로 판단된다. 그러나 앞선 선행 연구자가 제시한 내면 간격의 임상적 허용 범위 내에 존재하는 것을 감안하였을 때 내면 간격을 기준으로 임상적으로 허용이 가능할 것으로 생각된다.

뿐만 아니라 제작 과정에서의 여러 가지 장점과 보철물 제작의 표준화, 자동화가 가능한 점 등의 장점을 토대로 정밀성이 지금보다 더욱 보완된다면 앞으로 더욱 만족스러운 보철물을 제작할 수 있을 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- 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*, 109, 361-366, 2013.
- Bindl A, Mormann WH. Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM crown-copings on chamfer preparations. *J Oral Rehabil*, 32, 441-447, 2005.
- Foster LV. Failed conventional bridge work from general dental practice: clinical aspects and treatment needs of 142 cases. *Brit Dent J* 168, 199-201, 1990.

- Kim KB, Kim SJ, Kim JH, Kim JH. An evaluation of validity of three dimensional digital model fabricated by dental scannable stone. *J Kor Aca Dent Tec*, 35, 29-35, 2013.
- Kim WS, Han MS, Jung JK, Kim KB. Analysis of quality for fixed prostheses fabricated by dental CAD/CAM system. *J Kor Aca Dent Tec*, 36, 159-164, 2014
- Kokubo Y, Tsumita M, Kano T, Sakurai S, Fukushima S. Clinical marginal and internal gaps of zirconia all-ceramic crowns. *J Prosthodont Res*, 55, 40-43, 2011.
- 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*, 35, 116-122, 2008.
- McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J*, 131, 107-111, 1971.
- Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J*, 28, 44-56, 2009.
- Rekow ED. High-technology innovations and limitations for restorative dentistry. *Dent Clin North Am*, 37, 513-524, 1993.
- Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *J Am Dent Assoc*, 137, 1289-1296, 2006.
- Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater*, 28, 3-12, 2012.
- White SN, Sorensen JA, Kang SK, Caputo AA. Microleakage of a new crown and fixed partial denture luting agent. *J Prosthet Dent*, 67, 156-161, 1992.
- Witkowski S. CAD/CAM in dental technology. *Quintessence Dent Technol*, 28, 169-184, 2005.