

## 치과용 Co-Cr sinter metal의 소결 후 변형비교

송준부, 김갑진  
부산가톨릭대학교 치기공학과

### Observation of Shape after sinter of Dental Co-Cr sinter metal

Joon-Boo Song, Kap-Jin Kim  
Catholic University of Pusan

#### [Abstract]

**Purpose:** Currently advanced in Dental CAD/CAM technology increase a use of Co-Cr sinter metal block at Dental CAD/CAM part traditionally it has been being used with metal casting method. There is an advantage that can leave out a step of investment and casting as well as reducing a working time to compare with conventional casting method in a dry milling.

**Methods:** In this research, compare a deformation of before and after sinter result of Co-Cr sinter metal block. Design a specimen figure by 3D CAD software and transformed it to a STL file can be used at Dental CAD/CAM. With a transformed STL file, milled a Co-Cr sinter metal specimen by using a Dental CAD/CAM dry milling machine. It arrived at the following conclusions after measuring an outer form and thickness of a machined specimen and then after sinter measure it again in a way of before sinter measurement method.

**Results:** It is confirmed that there is no error while a 3D design figure specimen is transformed to a Dental CAD data. It is observed that there is no error at Co-Cr sinter metal specimen which consider a length of single coping and bridge.

**Conclusion:** It is observed that there is no deformation at a specimen of AS05 and AB05 are made of 0,5mm thickness. On the other hand, the out of range of deformation is observed at a specimen of AS10 and AB10 which are made of 1mm thickness.

○Key words : Dental CAD/CAM, Co-Cr sinter metal, Dry milling, Sinter deformation

교신저자	성명	김 갑 진	전화	051-510-0599	E-mail	kjkj@cup.ac.kr
	주소	부산광역시 금정구 오륜대로 57 부산가톨릭대학교				
접수일	2016. 6. 3	수정일	2016. 8. 19	확정일	2016. 9. 9	

## I. 서 론

치과용 CAD/CAM (computer-aided design /computer-aided manufacturing) system의 급속한 성장과 함께 치과기공산업 또한 급속히 성장하고 있다 (Lee et al, 2015). 그중 대표적인 것이 지르코니아 소재를 치과용 CAD/CAM으로 가공한 심미보철로 지르코니아 소재의 기계적 특성 및 심미적 특성이 우수하여 현재 치과용 소재로 널리 사용되고 있다. 그래서 지르코니아 소재의 심미보철에 관한 연구로 기능성과 심미성의 조화를 위해 변연 적합성, 구조적 견고성, 색조 안정성 등 여러 가지 요건들을 충족시키기 위한 연구가 진행되고 있다 (노형록 외, 2013).

그러나 아직 치과용 CAD/CAM system의 가공 방식과 신 소재들을 이용하여 제작된 보철물의 완성도는 기존의 전통적인 제작 방식에 의해 제작된 보철물들과 비교하였을 때 미흡하다는 보고들이 있다(Kim et al, 2014). 그래서 일반적으로 이전의 방식인 금속하부구조를 활용한 금속-도재관을 사용하고 있는 임상가들도 적지 않다.

현재 금속-도재관의 하부구조로 사용되는 비귀금속 합금은 주된 금속성분에 따라 크게 Ni-Cr, Co-Cr, Ti 합금으로 분류 할 수 있다(진미나, 2012; 김갑진 외 2013). 이러한 합금들은 다년간 연구와 임상사용을 통하여 검증되어 널리 사용하고 있다(김치영외 2011). 하지만 Ni-Cr 합금을 주조하여 도재를 축성하는 금속-도재관은 사용자에게 의하여 주조수축 및 수축다공성과 다양한 변형들이 발생할 수 있다. 그리고 치과용 Ni-Cr 합금의 일부성분에서 알러지 반응이 발생할 수 있어 Ni-Cr 합금을 대체하기 위하여 Co-Cr 합금의 사용이 늘어나고 있다(이범준 2014).

이러한 금속-도재관을 사용하여 심미보철을 제작하고 있는 기술들 중에서 자동화 기술을 접목시키는 노력들이 계속 되고 있다. 이중 대표적인 기술이 경질 또는 연질의 금속체를 치과용 CAD/CAM으로 가공하여 금속-도재관의 하부구조물로 사용하는 기술이다. 경질의 금속체는 기본적인 기계적 강도 및 물리적 특성으로 인하여 가공성에 대한 문제를 가지고 있다. 그래서 이를 해결하기 위하여 금속분말을 이용하여 제작한 연질의 금속체를 치과용

CAD/CAM으로 가공하는 기술이 소개되고 있다. 연질의 금속체를 이용하게 되면 가공이 용이하나 가공된 금속체를 소결 할 때 발생할 수 있는 변수가 있으나 현재 연구개발을 통하여 금속-도재관으로 사용하기 용이하게 접근하고 있다(Kim et al, 2014).

치과 CAD/CAM용 소재로 개발된 코발트-크롬 소결 금속 블록(Co-Cr sinter metal block)은 주조과정에서 발생할 수 있는 주조실패를 개선할 수 있다. 그리고 디지털 장치를 이용하여 제작하므로 동일한 금속하부구조를 반복적으로 가공할 수 있는 장점이 있다. 또한 절삭용 합금은 주조용 합금과 달리 주조성을 위해 Co 함량을 30%이하로 조절하지 않아도 되므로 Co-Cr 합금의 변색 및 부식저항성을 최대화 할 수 있다(진미나 2012). 작업공정은 zirconia를 이용한 CAD/CAM 방식과 동일하며 연질의 Co-Cr block을 가공 후 전용 소결 장비를 이용하여 소결 과정을 거치게 되면 금속고유의 특성을 가지는 것으로 소개되었다(송준부, 2016).

본 연구에서는 Co-Cr sinter metal system에 관련된 자료를 바탕으로 Co-Cr sinter metal에서 발생하는 가공 및 소결시 변화를 알아보기 위해 정량화된 3차원 모형을 설계 후 연질의 sinter metal Co-Cr block을 가공, 소결하여 각 과정에서 크기 변화를 비교 관찰하여 그 결과를 Co-Cr sinter metal system의 임상 기술에 응용 및 활용하고자 한다.

## II. 연구 방법

본 연구에서는 Co-Cr sinter metal system에서 가공된 시편의 변형을 관찰하기 위하여 3차원 CAD로 설계된 시편의 형태와 milling으로 가공한 시편 그리고 소결 후의 시편의 형태를 비교하기 위한 실험을 실시하였다.

일반적인 CAD 소프트웨어를 이용하여 3차원 CAD에서 4종의 형태로 시편을 설계하고 치과용 CAD 파일로 변환하였다. 변환과정에서 발생할 수 있는 형태의 변화 분석하기 위하여 치과용 CAD에서 외형의 가로, 세로, 두께를 측정하였다. 그리고 치과용 CAM을 이용하여 건식밀링 가공 후 동일하게 시편의 외형을 측정하였으며 시편을 소

결하고 시편의 외형을 소결 전 측정방식으로 측정하여 변형을 관찰하였다.

### 1. 실험 재료

Co-Cr sinter metal system에서 가공된 시편의 변형을 관찰하기 위하여 사용된 소재는 두께가 18mm인 Co-Cr sinter metal block(Ceramill Sintron Co-Cr Metal, Amann Girrbach, Austria)을 사용하였다(Fig. 1). 연구에 사용된 block의 성분은 Co 66 wt%, Cr 28 wt% 등으로 구성되어 있다(Table 1).

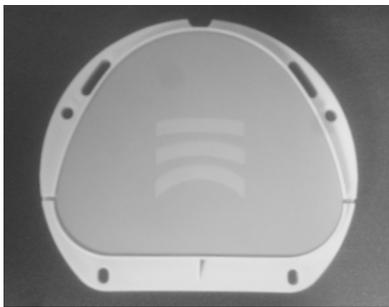


Fig. 1. Ceramill Sintron Co-Cr metal block

Table 1. Chemical composition of block

Elements	Mass percentage (wt%)
Cobalt (Co)	66%
Chrome (Cr)	28%
Molybdenum (Mo)	5%
Other elements (Mn, Si, Fe)	<1
Other elements (W, Si, Ce, Nb, Fe, N)	-
Type4 dental alloy	

### 2. 3차원 시편 설계

Co-Cr sinter metal system에서 가공된 시편의 변형을 관찰하기 위하여 AutoCAD (Autodesk, USA)를 이용하여 4종의 시편을 설계하였다. 4종의 시편은 단일관(single crown)을 고려하여 가로길이 10mm, 세로길이 10mm를 기준으로 두께를 0.5mm와 1mm로 설정하였다. 그리고 교의치(bridge crown)를 고려하여 가로길이 30mm, 세로길이 10mm를 기준으로 두께를 0.5mm와 1mm로 설정하여 설계하였

다(Table 2, Fig. 2, Fig. 3).

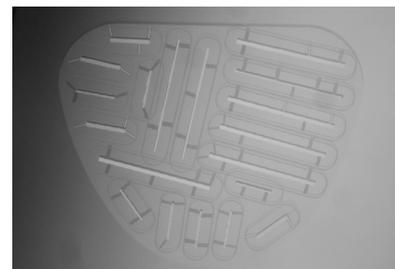


Fig. 2. 3D design set point control

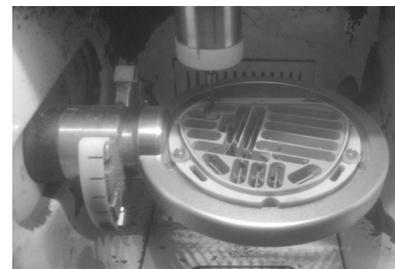


Fig. 3. Ceramill MIKRO milling

Table 2. Code of Specimens

CAD Shape	Code			N
	Dental CAD Shape	Sinter Before	Sinter After	
CS05	DS05	BS05	AS05	5
CS10	DS10	BS10	AS10	5
CB05	DB05	BB05	AB05	5
CB10	DB10	BB10	AB10	5

### 3. 시편 가공

3차원으로 설계된 CAD시편은 치과용 CAD 프로그램(3Shape, Denmark)로 변환 확인 하여 치과용 CAD시편으로 준비하였다. 그리고 치과용 CAD시편을 Ceramill CAM 프로그램(Amann Girrbach, Austria)을 이용하여 형상을 CAD상에서 block에 가상배열 하였다. 가상배열된 시편의 가공위치가 결정되면 밀링 툴(milling bur)의 가공경로 자동 계산되며, Ceramill MIKRO밀링기(Amann Girrbach, Austria)를 사용하여 시편을 건식가공 하였다. 가공된 시편은 block에서 분리하여 소결 전 시편을 준비하였다(Fig. 4). 준비된 소결 전 시편은 전용

Argovent sinter box (Amann Girrbach, Austria)에 넣은 후 Argotherm sinter furnace(Amann Girrbach, Austria)에 넣어서 소결을 하였다. 소결 방법은 실온에서 1,280℃ 까지 승온하고 1,280℃에서 1시간 계류 후 서냉하여 850℃에서 1시간 계류 그리고 250℃에서 1시간 계류 후 실온까지 서냉후 소결을 완료하여 소결 후 시편이 제작되었다(Fig. 5).

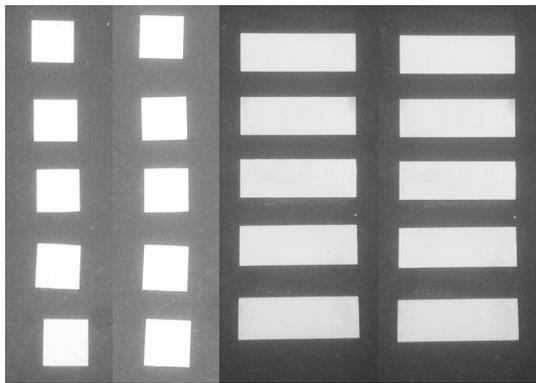


Fig. 4. Specimens of Cutting (sinter before specimens)

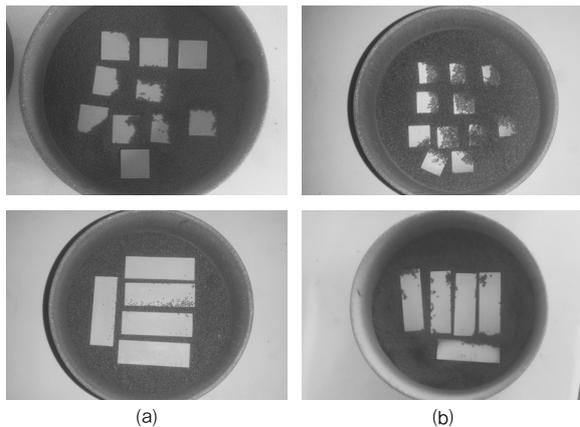


Fig. 5. Specimens, a: sinter before, b: sinter after

#### 4. 3차원 시편 외형측정 실험

AutoCAD(Autodesk, USA)로 설계된 4종의 CAD시편을 치과용 CAD 프로그램으로 변환하여 치과용 CAD시편을 설계하였다. CAD시편은 치과용 CAD시편으로 변환하면서 형태의 변화가 발생할 수 있다. 이를 관찰하기 위하여 3shape viewer를 이용하여 치과용 CAD시편의 외형을 측정하였다.

#### 5. 소결 전 · 후 시편 외형측정 실험

Co-Cr sinter metal system을 이용하여 준비된 소결 전 시편과 소결 후 시편의 외형 변화를 관찰하기 위하여 외형측정 실험을 실시하였다. 외형측정은 소결 전 시편의 외형과 소결 후 시편의 외형을 비교분석 하기 위하여 실시하였다. 외형은 가로길이와 세로길이는 버니어캘리퍼스(Mitutoyo, Japan)를 이용하였으며, 두께는 마이크로메타(Mitutoyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정 부위는 가로와 세로는 시편을 1/5로 나누어 각각 5회 측정하였으며 두께는 중앙부에 각각 5회 측정하였다.

### III. 결 과

#### 1. 3차원 시편 외형측정

AutoCAD(Autodesk, USA)로 설계된 4종의 CAD시편을 치과용 CAD 프로그램으로 변환하여 치과용 CAD시편을 설계하였다. CAD시편과 치과용 CAD시편 각각 4종의 시편의 외형을 측정한 결과 변환에 따른 외형의 변화는 관찰할 수 없었다(Table 3).

Table 3. Measurement results of CAD specimens (Unit, mm)

Code Part	CS 05	DS 05	CS 10	DS 10	CB 05	DB 05	CB 10	DB 10
Width length	10	10	10	10	30	30	30	30
Height length	10	10	10	10	10	10	10	10
Thickness	0.5	0.5	10	10	0.5	0.5	10	10

#### 2. 소결 전 · 후 시편 외형측정

Co-Cr sinter metal system을 이용하여 준비된 소결 전 시편과 소결 후 시편의 외형 변화를 관찰하기 위하여 외형측정 실험을 실시하였다. 그 결과 소결 전 시편인 BS05시편의 가로길이는  $11.10 \pm 0.02\text{mm}$ , 세로길이는  $11.20 \pm 0.04\text{mm}$ , 두께  $0.55 \pm 0.01\text{mm}$ 로 측정되었다. 그리고 BS10시편의 가로길이는  $11.16 \pm 0.07\text{mm}$ , 세로길이는  $11.17 \pm 0.11\text{mm}$ , 두께  $1.13 \pm 0.10\text{mm}$ 로 측정되었으며 BB05

시편의 가로길이는  $33.61 \pm 0.14\text{mm}$ , 세로길이는  $11.18 \pm 0.08\text{mm}$ , 두께  $11.14 \pm 0.03\text{mm}$ 로 측정되었다. BB10시편은 가로길이는  $33.65 \pm 0.08\text{mm}$ , 세로길이는  $11.14 \pm 0.03\text{mm}$ , 두께  $1.09 \pm 0.03\text{mm}$ 로 측정되었다.

소결 후 시편인 AS05시편의 가로길이는  $10.07 \pm 0.02\text{mm}$ , 세로길이는  $10.11 \pm 0.03\text{mm}$ , 두께  $0.51 \pm 0.01\text{mm}$ 로 측정되었다. 그리고 AS10시편의 가로길이는  $10.08 \pm 0.03\text{mm}$ , 세로길이는  $10.05 \pm 0.06\text{mm}$ , 두께  $1.30 \pm 0.22\text{mm}$ 로 측정되었으며 AB05시편의 가로길이는  $30.13 \pm 0.07\text{mm}$ , 세로길이는  $10.09 \pm 0.01\text{mm}$ , 두께  $0.53 \pm 0.02\text{mm}$ 로 측정되었다. AB10시편은 가로길이는  $30.25 \pm 0.08\text{mm}$ , 세로길이는  $10.12 \pm 0.02\text{mm}$ , 두께  $1.10 \pm 0.05\text{mm}$ 로 측정되었다.

소결 전 시편은 3차원 model을 기준으로 원형으로 보았을 때 약 110%의 크기로 제작되었으므로 외형의 차이가 나타났다. 그리고 소결 후 시편은 3차원 model을 기준으로 대부분의 시편이 약 100%로 가공되었으나 AS10시편에서 130%, AB05시편에서 106%로 가공된 것을 관찰할 수 있었다.

소결 전 시편과 소결 후 시편의 외형을 측정된 결과를 시편의 기준이 되는 3차원 model과 비교하였을 때 다음과 같이 관찰되었다(Fig. 6, 7, 8, 9).

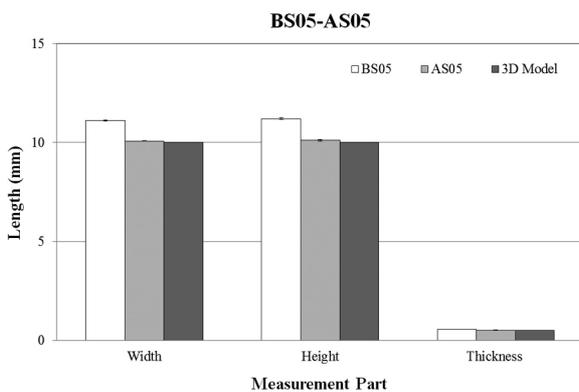


Fig. 6. Comparison analysis of specimens (BS05, AS05, 3D model)

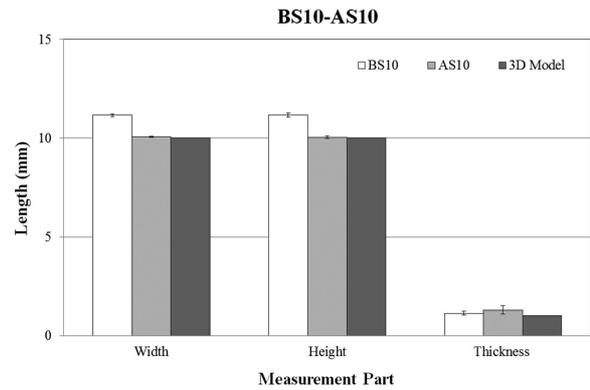


Fig. 7. Comparison analysis of specimens (BS10, AS10, 3D model)

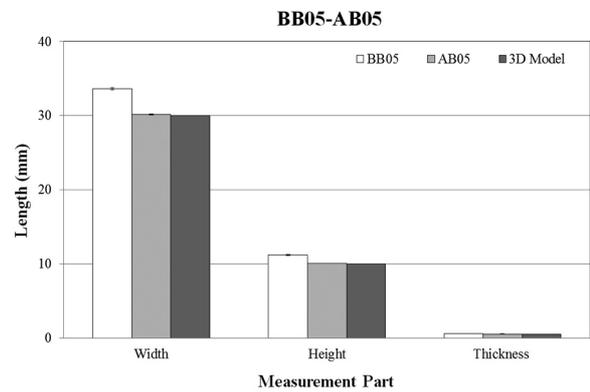


Figure 8. Comparison analysis of specimens (BB05, AB05, 3D model)

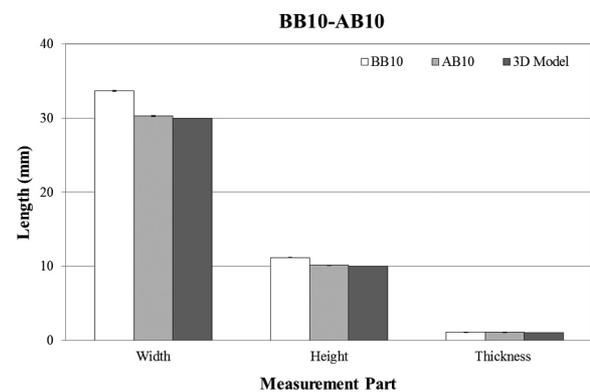


Fig. 9. Comparison analysis of specimens (BB10, AB10, 3D model)

## IV. 고찰

본 연구에서는 3차원 CAD model의 외형과 Co-Cr sinter metal을 치과용 CAD/CAM으로 가공된 외형, 소결전과 소결후의 외형 및 두께 변형을 비교하였다. 3차원 형상 시편을 설계하고 치과용 CAD 프로그램으로 변환하여 디지털 자료(digital data, raw data)의 손실 없는 STL 파일을 취득하여 시편을 제작하고 연구를 진행하였다. 이는 기존의 모형 취득과정과 CAD 설계과정에서 발생할 수 있는 변수를 줄이기 위한 방법으로 설정하여 연구를 진행하였다(이범준 2014; Kim et al, 2014).

Co-Cr sinter metal 소재의 정밀성을 관찰 시편가공 시 3차원 model(100%)을 기준으로 110%로 소결 전 시편을 가공하여 소결을 실시하고 소결 후 시편을 제작하였다. 그 결과 비교는 3차원 model과 소결 후 시편을 비교하여 3차원 model의 외형에 100%에 가까울수록 정밀한 것으로 판단된다. 몇 개의 시편에서 100% 이상의 외형이 관찰되었고 편차 내 결과로 정밀한 것으로 관찰되었으나 AS10시편에서 130%, AB05시편에서 106%, AB10시편에서 110%로 가공된 것을 관찰할 수 있었다.

이러한 Co-Cr sinter metal system의 정밀성을 비교 분석하기 위하여 기존의 치과용 CAD/CAM을 활용한 정밀도에 관한 연구를 활용하여 비교분석을 하고자 하였다. Co-Cr sinter metal의 소결 후 외형 변화를 관찰한 결과의 측정결과를  $\mu\text{m}$ 로 관찰하였을 때 AS10시편의 두께가 약  $300\mu\text{m}$ 가 팽창하였으며, AB05시편의 두께가 약  $60\mu\text{m}$  그리고 AB10시편의 두께가 약  $100\mu\text{m}$ 가 팽창한 것으로 관찰되었다. 이는 보철물의 정밀도에서 평가되는 기준에서 정밀성에 영향이 있는 것으로 판단된다.

보철물의 정밀도는 이론적으로 시멘트의 공간을 고려하여  $25\sim 40\mu\text{m}$ 의 오차를 허용하지만 임상적으로 약  $100\sim 200\mu\text{m}$ 까지 허용된다고 보고하였다(May et al, 1998). 그리고 CAD/CAM system으로 가공한 보철물의 적합도에 관한 연구를 보면 May 등(Tinschert J et al, 2001)은 All ceram crown의 변연과 측면 적합도를  $70\mu\text{m}$ 이하로 보고하였고, Tinschert 등(Kim et al, 2003)은 Precident DCS system을 이용하여 alumina와 zirconia로 제작한 도재관의 적합도 연구에서 변연오차를

$60.5\sim 74.0\mu\text{m}$ 로 보고하였다. 또한 Valderrama 등(Wang et al, 1992)은 도재 금속관과 방전가공 된 티타늄관의 변연적합에 대한 비교연구에서 도재금속관은  $47\mu\text{m}$ , 티타늄관은  $61\mu\text{m}$ 의 변연적합을 얻었으며 이들 값에 유의한 차이는 없었다고 보고하였다.

이러한 선행연구와 본 연구 결과를 비교분석 하였을 때 AS10시편의 두께에서 증가된 약  $300\mu\text{m}$ 의 변형과 AB10시편의 두께에서 증가된 약  $100\mu\text{m}$ 의 변형은 정밀성의 허용범위를 벗어난 것으로 판단된다. 그러나 약  $60\mu\text{m}$ 가 변형된 AB05시편에서 발생한 변형량은 정밀도의 허용범위에 포함되는 것으로 판단할 수 있다. 그래서 Co-Cr sinter metal system으로 가공된 시편을 활용한 연구 결과에서 단일관을 고려한 시편 중에서는  $0.5\text{mm}$ 의 두께로 가공한 AS05시편의 정밀성이 다른 시편에 비하여 높은 것으로 나타났다. 반면 두께를  $1\text{mm}$ 로 가공한 AS10시편과 AB10시편은 정밀성이 낮은 것으로 나타났다. 이는 Co-Cr sinter metal system에서 가공 시 두께에 따른 변형이 발생하는 것으로 판단된다. 따라서 Co-Cr sinter metal system으로 보철제작 시 두께가 두꺼운 보철보다는 두께가 얇은 도재용 하부구조물 제작에 활용도가 높을 것으로 판단된다.

본 연구를 통하여 Co-Cr sinter metal system에서 Co-Cr sinter metal의 형태에 따라 소결 후 변형이 발생하는 것으로 판단된다. 본 연구의 결과를 활용하여 Co-Cr sinter metal system을 활용한 보철제작 시 두께를 고려해야 할 것이고 Co-Cr sinter metal system과 같은 신기술의 치과용 CAD/CAM 기술 구현을 위한 연구방법으로 활용 가능할 것으로 판단된다.

## V. 결론

본 연구에서는 Co-Cr sinter metal block의 소결전과 소결후의 변형을 비교 하였다. 3차원으로 설계된 CAD model을 치과용 CAD로 변환하여 변환된 형상의 오차를 관찰하였으며, 이를 Co-Cr sinter metal block 소재로 가공 후 소결 전의 외형과 소결 후의 외형을 비교분석 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 3차원 형상 설계 시편 파일을 치과용 CAD로 변환 시 오차는 발생하지 않는 것으로 나타났다.

2. 단일치관과 교의치의 길이를 고려한 Co-Cr sinter metal 시편에서는 변형이 발생되지 않는 것으로 나타났다.

3. 0.5mm 두께로 제작한 AS05시편과 AB05시편에서는 변형이 발생되지 않는 것으로 나타났다.

4. 1mm 두께로 제작한 AS10시편과 AB10시편에서 허용 범위 이상의 변형이 나타났다.

## REFERENCES

- Jin MN. Evaluation of the fit of cobalt-chromium metal-ceramic crown coping produced by CAD/CAM before and after firing, Dept. of Dentistry, The Graduate School, Yonsei University, 2012
- Kim CY, Chung IS. Evaluation of Mechanical Characteristic and Biological Stability of Dental Alloys by the Manufacture Method, Journal of the Korea Contents Association 11 (3), 293-301, 2011.
- Kim DK, Lim JH, Lim HS. On The marginal fidelity of all-ceramic core using CAD/CAM system, J Korean Acad Prosthodont, 41, 20-34, 2003.
- Kim JH, Kim WS, Kim KB. Evaluation of Marginal Gap of Fixed Dental Prostheses Fabricated by Soft Metal Material Using Dental CAD/CAM, journal of dental hygiene science, 14(3), 349-355, 2014.
- Kim KJ, Chung IS, Choi SM. The Surface Property and Shear Bonding Strength according to Composition of Ni-Cr alloy for Porcelain Fused to Metal Crown, Journal of Korean academy of dental technology, 35(2), 133-120, 2013.
- Lee BJ. Shear bond strengths of ceramic to a soft milling cobalt-chromium alloy and a base metal casting alloy, Department of dentistry Graduate School, Kyungpook National University, 2014.
- Lee SE, Lee SH, Jeon YC, Jeong CM, Yun MJ, Huh JB. The implant overdenture on the edentulous mandible using CAD/CAM system: A case report, Journal of Korean academy of prosthodontics, 53(1), 66, 2015.
- May KB, Russell MM, Razzoog ME, Lang BR. Precision of fit, The Procera Allceram crown, J Prosthet Dent, 80, 394-404, 1998.
- Noh HR, Sun GJ, Joo KJ. Evaluation on the Marginal Fitness of Zirconia Core fabricated with CAD/CAM System, The Journal of the Korea Contents Association, 13(1), 800-806, 2013.
- Song JB. Comparison of deformation with sinter of Dental CAD/CAM Co-Cr sinter metal. Dept. of Dental Laboratory Science, Graduate School, Catholic University of Pusan, 2016.
- Tinschert J, Natt G, Mautsch W SH, Anusavice KJ. Marginal fit of alumina-and zirconia-based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. Oper Dent, 26, 367-74, 2001.
- Wang CJ, Nathanson DN. Effects of cement, cement space, marginal design, seating aid materials, and seating force on crown cementation, J Prosthet Dent, 67, 786-90, 1992.