

## 치과 캐드캠 밀링장비에 따른 3본브릿지의 정확도 비교

배소연, 박진영, 김지환, 김혜영\*, 김명배\*\*, 김웅철  
고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공\*, 대한 치과CAD/CAM기공 학회\*\*

### The comparison of accuracy on three-unit fixed dental prosthesis made with CAD/CAM milling machines

So-Yeon Bae, Jin-Young Park, Ji-Hwan Kim, Hae-Young Kim\*  
Myung-Bae Kim\*\*, Woong-chul Kim

Department of Dental Laboratory Science & Engineering, College of Health Science, Graduate School, Korea University\*  
Korea academy of CAD/CAM Dental technology\*\*

#### [Abstract]

**Purpose:** The purpose of this study was to compare the accuracy of the maxillary three-unit fixed dental prosthesis (FDPs) made using two CAD/CAM milling machines : DCM Group(Dentaim CAD/CAM milling machine), WCM Group(Wieland CAD/CAM milling machine).

**Methods:** Each of 10 duplicate models was scanned by blue light scanner(Identica, Medit, Korea), and the three-unit FDPs (STL file) was designed using DelcamCAD. A total of 20 three-unit FDPs was fabricated, comprising 2 groups of 10 specimens each(shrinkage ratio is 1:1). The first three-unit FDPs STL file was used as a CAD reference model (CRM). Obtained STL files by scanning the inner surface of three-unit FDPs were converted into the point clouds-ASC II files. Discrepancies between the point clouds and CRM were measured by superimposition software. Statistical methods to analyze the data were used non-parametric method. The mean (SD) values were compared by a Mann-Whitney U-test. Type one error rate was set at 0.05.

**Results:** WCM group had small discrepancies with 2.17 $\mu$ m of mean value compared to 4.44 $\mu$ m in DCM group. The accuracy values between the two groups showed a statistically significant difference (Table 2, p<.05).

**Conclusion:** The accuracy of the three-unit fixed dental prosthesis(FDPs) made of two CAD/CAM milling machines were statistically different. Accuracy with which the prosthesis made of WCM group was superior.

●Key words : Dental CAD/CAM system, Accuracy, Three-dimensional superimposition analysis

교신저자	성명	김 웅 철	전화	010-8257-8592	E-mail	kuc2842@korea.ac.kr	
	주소	서울시 성북구 안암로 145 고려대학교 일반대학원 보건과학대학 치의기공전공					
접수일	2014. 12. 31		수정일	2015 3. 26		확정일	2015 3. 28

## I. 서 론

치과용 금속 주조 수복물은 전통적으로 시대치 모형이나 환자의 치아 위에서 만들어진 왁스패턴의 주조에 의하여 제작한다. 이러한 “lost-wax technique”에 의한 치과 정밀주조는 Taggart(1907)가 치의학 분야에 처음 소개한 이래 오늘 날까지 이용되고 있다. 하지만 이러한 수작업(manual technique)에 의한 왁스조각법은 세심한 과정과 작업시간이 요구될 뿐 아니라 치과기공사의 숙련도에 따라 제작되기에 왁스 패턴의 정확도 및 형태에서 차이를 보일 수 있는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완한 CAD/CAM 시스템이 보급되면서 치과수복물 제작 방식의 변화를 가져왔다(Miyazaki, 2009).

CAD/CAM(Computer-aided design/Computer-aided manufacture) 시스템 방식은 수복물의 설계단계에서 시멘트를 위한 공간설정과정이나 수복물의 일정한 두께 및 외형을 정확히 조절할 수 있다(Sturdevant, 1999). 이런 CAD/CAM의 시스템 방식은 기존의 주조 시 발생하는 기포 및 수축 등의 단점이었던 부분들을 보완한 방식으로 치과기공사의 주조기술 숙련도와 상관없이 수복물의 적합도를 조절할 수 있는 등의 장점이 있는 것으로 제시되고 있다(Sjogren, 1995; Keshvad et al, 2011).

적합도는 수복물의 성공여부를 결정짓는 중요한 요소 중의 하나로 너무 과도한 시멘트공간을 부여하는 경우 파절, 탈락 등의 문제를 야기할 수 있고(Hung et al, 1990), 너무 작은 내면 공간은 수복물의 장착을 불완전하게 할 수 있으므로(Huh et al, 2010), 적절하고도 균일한 시멘트 공간에 대한 고려가 매우 중요하다.

여러 선행 연구에서는 CAD/CAM 시스템으로 제작된 치과 수복물의 적합도는 마진의 형태, 시멘트 공간의 두께 등 다양한 요인들에 달려있다고 보고하고 있다(Grenade, 2011). 특히 밀링과정의 날카로운 절삭 날은 수복물의 미세 균열을 유도하여 재료 표면을 변경시켜 후에 치핑으로 이어질 수 있다고 한다(Addison O et al, 2012). 또한 Lee KB에 따르면, CAD/CAM 시스템에 있어서 상대적으로 가장 큰 내면적합도 차이의 결과가 나타나는 과정은 버의 사이즈 또는 밀링장비의 정확도에 따라 밀링 후의 적합도가 달라지기 때문에 밀링 과정이라고 제

시했다. 따라서, CAD/CAM 시스템으로 제작된 치과 수복물의 적합도는 밀링과정의 정확도에 따라 차이가 있을 것으로 보여진다.

밀링과정에서의 정확도는 크게 밀링장비의 축에 영향을 받게 되는데, 현재 밀링장비는 국내외에서 3, 4, 5축으로 개발되어 보급되고 있는 실정이다. 3축은 X, Y, Z축으로 상, 하, 좌, 우로 움직이고 원하는 형상을 제작한다. 3축으로는 커스텀 어버트먼트를 주로 제작하며 제작 시간이 짧고 간편한 조작이 가능하지만 회전축이 없기 때문에 자유 곡면 형상인 치아 수복물의 내면을 밀링하기에는 한계에 부딪힌다. 그러므로 3축에 회전축이 한 개 추가 되는 3+1축과 이와 비슷하지만 동시 가공이 가능한 4축 밀링 장비와 회전축이 두 개인 5축 밀링장비가 개발되어 졌다(Beuer et al, 2008).

5축 밀링장비는 밀링 버의 방향이 자유로워 치과 수복물의 정확도가 높지만 시간이 오래 걸리며 고가이므로 3+1축과 4축의 밀링장비에 따른 수복물의 정확도 차이를 비교한다면 보다 나은 CAD/CAM시스템의 수복물의 높은 정확도를 위한 정보를 제공할 수 있을 것이라 생각된다.

이에 본 연구의 목적은 시판되고 있는 3+1축과 4축의 두 가지 다른 구동 방식을 가지는 CAD/CAM 밀링장비를 사용하여 제작한 3본브릿지의 정확도를 3차원 중첩 소프트웨어 프로그램을 통해 비교해보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 시편제작

#### 1) 주 모형의 준비 및 복제 작업모형 제작

본 연구를 위해 치형 분할이 되지 않은 상악 임상 3본브릿지 모형을 선정 한 후, 이를 모형의 표면손상을 최소화하기 위해 에폭시레진(Modralit® 3K, DreveDentamid GmbH, Germany)모형으로 복제함으로써 주 모형을 제작하였다(Fig. 1). 그리고 주 모형을 치과용 실리콘(Daguform, DeguDent GmbH, Germany)으로 복제하여 10개의 실리콘 몰드를 제작한 후 type IV 치과용 석고(GC Fujirock EP, GC Corp, Belgium)를 제조사의 혼수비(W/P)에 맞춰 기포가 생기지 않도록 조심스럽게 주입

하였다. 그리고 Pindex system을 이용하여 10개의 치형 가철식 작업모형을 제작하였다(Fig. 2).



Fig. 1. Epoxy master model

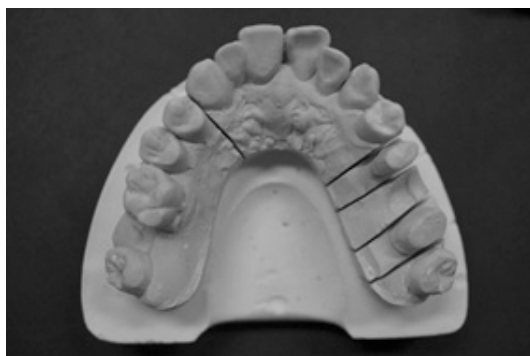


Fig. 2. Stone working model(N=10)

2) 캐드캠시스템을 이용한 지르코니아 3분 브릿지 코핑 제작

완성된 3분브릿지 작업모형을 청색광 스캐너(Identica<sup>®</sup> BLUE, Medit, Korea)를 사용하여 스캔 하였다(Fig. 3). 스캐닝이 완료된 후에 숙련된 기술자가 소프트웨어(DentCAD, Delcamplc., Birmingham, UK)를 이용하여 10개의 3분 브릿지 코핑을 3차원으로 디자인하였다. 이렇게 채득한 디자인 데이터는 STL파일로 출력하였다. 이 STL파일을 가지고 3+1축인 밀링장비(Zmatch,

Dentaim, Korea)와 4축인 밀링장비(Zenotec mini, Wieland dental, Germany) 두 가지의 장비에 수축률을 1:1로 입력한 다음, 동일한 지르코니아 블록 제품(NEXXZr T, Sagemax Bioceramics, Inc, USA)을 사용하여 각 10개씩 총 20개의 지르코니아 3분 브릿지 코핑을 제작하였다(Table 1). 여기서 DCM(Dentaim CAD/CAM milling machine)그룹으로 제작된 3분 브릿지 코핑 10개, WCM(Wieland CAD/CAM milling machine)그룹으로 제작된 3분 브릿지 코핑 10개를 나누어 실험하였다.



Fig. 3. Blue Light scanner(Identica<sup>®</sup>, Medit, Korea)

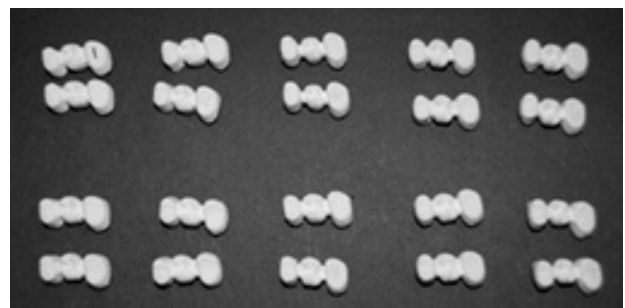


Fig. 4. Three-unit Zirconia coping fabricate with two CAD/CAM milling machine (N=20)

Table 1. Milling machines with different settings

Group	Machine	Manufacturer	Axis	1Step bur	2Step bur
WCM	Zenotec mini	Wieland, Germany	4	Φ2.5	Φ1.0
DCM	Zmatch	Dentaim, Korea	3+1	Φ2.0	Φ1.0

2. 실험 방법

1) 디지털 내면 데이터의 채득

두 가지의 서로 다른 밀링장비에서 가공된 3분 브릿지 코핑 20개를 그룹 별로 1번부터 10번까지 차례대로 청색

광 스캐너의 안쪽에 있는 테이블 위에 고정시키고 코핑내면을 스캔 하였다. 스캐닝이 잘 안된 부분은 그 부분을 더 블 스캔을 시행함으로써 보다 정확한 3차원 형상 데이터(STL file)를 얻었다.

2) 분석 소프트웨어를 이용한 내면 적합도 차이 분석  
 기존 3본 브릿지 수복물의 디자인 STL파일을 CAD reference model(CRM)으로 삼아 대조군으로 정하였다. 그리고 그룹 별로 밀링된 3본 브릿지 코핑 내면의 스캔 데이터를 matching software로 변환시켜 점군 데이터(point-cloud)인 ASC파일로 만들고, 이를 실험군으로 정하였다. 변환시킨 수많은 점들도 이루어진 point cloud 데이터는 inspection software(Powerinspect

2012, Delcam plc., UK)를 사용하여 CRM 데이터의 3D-surface 형상에 투영시킴으로써 Color difference map을 얻었다. 총 Point 개수는 3본 브릿지 코핑 형상 1개당 약 70,000개이고 서로 겹쳐진 CRM의 표면과 모든 point간의 간격 오차를 소프트웨어 프로그램 상에서 RMS(Root Mean Square)값으로 환산하여 그 평균과 표준편차를 구하였다(Fig. 5).



Fig. 5. A work flow chart of a three-dimensional measurement method

### 3. 통계 처리

기존 대조군 파일(CRM)과 두가지 밀링 장비인 DCM그룹, WCM그룹으로 제작한 지르코니아 코핑 내면 스캔 데이터를 1번부터 10번까지의 번호를 붙여 각각의 오차를 구한 데이터 값의 평균, 표준편차 등의 기술적 통계량을 제시하였고, 시편의 개수가 적어 정규분포의 가정을 만족하지 못해( $P < 0.05$ ) 비모수 검정인 Mann-Whitney U test를 시행하여 평균값 간의 서로 유의한 차이가 있는지 알아보았다. 모든 통계처리는 IBM SPSS Statistics v. 21.0 (IBM Co., Armonk, USA)을 이용하여 시행하였으며, 통계적 유의수준은 0.05로 설정하였다.

## III. 결 과

두 가지 방식의 캐드캠 밀링머신 시스템의 정확도를 비교한 결과, 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(Table 2,  $p < 0.05$ ).

밀링된 지르코니아 수복물을 스캔하여 얻은 STL파일을 실험군인 점군 데이터(point cloud-ASC file)로 변환 후 투영하여 얻은 Color difference maps는 다음과 같다

(Fig. 6).

Table 2. Discrepancies of Mean(SD) on 3-unit fixed dental prosthesis fabricated two CAD/CAM milling machines

Group	N	Mean ( $\mu\text{m}$ )	SD ( $\mu\text{m}$ )	Standard error	p-value
WCM	10	2.17	2.60	.82	.014
DCM	10	4.04	3.33	.05	

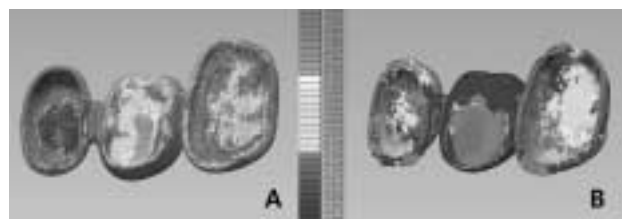


Fig. 6. Color difference maps generated by the superimposition of CRM and ASCII files. ; (A) WCM group, (B) DCM group

## IV. 고 찰

본 연구에서는 CAD/CAM 시스템 공정과정 중에서 같은 STL파일을 가지고 두 가지의 밀링 장비를 사용하여

밀링 장비에 따른 수복물의 정확도를 조사해 보고자 하였다. 또한, 기존 디자인된 STL파일과 밀링된 수복물의 차이를 3차원으로 측정하기 위함으로 지르코니아의 수축률을 1:1로 입력하여 소결과정을 생략하였다.

두 가지 밀링 장비에 따른 3본브릿지의 정확도를 살펴본 결과 두 장비로 제작한 수복물의 정확도는 통계적으로 유의한 차이를 보여(Table 2), CAD/CAM 시스템 공정과정에서 밀링 장비에 따른 수복물의 정확도에 차이가 있을 것이라는 것을 보여주었다. 또한 본 실험의 결과 WCM그룹이 DCM그룹보다 정확성이 높다는 것을 알 수 있었다. 본 연구와 유사한 선행 연구결과에 있어서도 Bosch 등(2014)과 Hamza 등(2013)은 4축 밀링장비와 5축 밀링장비간의 정확도가 유의한 차이가 있음을 보고하였다.

본 연구에서는 치과 캐드캠 밀링 장비 중 4축과 3+1축 장비로 제작한 3본브릿지의 정확도를 비교 한 것이다. 치과 영역에서 사용되는 4축과 3+1축 밀링장비는 기본적으로 X, Y, Z축의 방향으로 움직이며, 또한 안쪽과 바깥쪽을 가공하기 위해 180° 회전할 수 있는 회전축이 있는 3축 장치에 tension bridge A축이 포함된 장비이다(Beuer et al, 2008). 그러나 구동방식에 따라 세분화 하면 3+1 축의 장비는 위치고정이동식이므로 X, Y, Z축과 A축이 동시에 같이 움직이지 못하지만, 4축의 장비는 X, Y, Z축과 A축이 연속적으로 이동한다. 따라서 같은 구조를 가지고 있는 밀링 장비 일지라도 치아가 가지고 있는 복잡한 자유형상을 3+1축보다는 4축이 더 많은 부위를 정밀하고 정확하게 절삭하는 것이 가능하다.

〈Fig. 6〉을 보면, 우각부위(Line angle)쪽에 오차가 많이 발생한 것을 볼 수 있다. 이와 같은 결과로 미루어 볼 때 밀링장비의 bur의 사이즈에 따라서도 수복물의 정확도가 달라질 수 있음을 알 수 있다(Persson et al, 1995; Schaefer et al, 2013; Bosch et al, 2014). 사이즈가 큰 bur일 경우에는 가공 시 충격을 잘 견디는 내구성과 높은 굴삭 속도를 가지고 있고, 절삭률이 좋다. 하지만 치과 수복물의 경우 마진, 그루브 등 미세한 부위를 재현에 내기에는 지름이 작은 bur가 꼭 필요하다. 따라서 본 연구에서는 〈Table. 1〉과 같이 두 단계로 2Φ, 1Φ bur를 사용하였는데 더 작은 bur를 사용하였더라면 우각부위 정밀도가 더 우수하였을 것으로 판단된다. 그러나 아직까지는

치아의 작고 미세한 부위는 밀링 bur 직경을 더 작게 할 수 없는 한계 때문에 절삭하지 못하는 잔삭의 현상은 불가피하다. Color-difference-map에서 살펴보면 이러한 잔삭 부위가 빨간색인 양의 오차 값을 보인다. 이러한 현상은 아직까지 CAD/CAM 밀링과정에서의 해결하지 못한 숙제로 남아있다고 보여진다.

따라서, 본 연구에서는 시편 파괴 없이 3차원으로 수만 개의 point 수를 CRM의 각 점으로부터 최단 거리로 전체의 오차가 최소값이 되게 정렬(best-fit)함으로써 수복물의 정확도를 보다 개선된 방식으로 분석했다는 점에 의미가 있다. 또한, 3+1축과 4축 밀링 장비의 정확도에 관한 유사 연구가 없어 이를 비교 분석하였다는 것에 의미가 있다. 따라서 추후에도 밀링 장비에 따른 보다 다양한 정확도 분석연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

그러나 본 연구에서는 두 가지의 캐드캠 밀링 장비만을 사용하였고, 시편의 개수가 적어 본 실험의 결과를 일반화하기에는 일정한 정도의 한계를 내포한다. 그러므로 추후 연구에서는 보다 많은 시편 수를 가지고 실험을 하고 5축 장비를 포함시켜 보다 다양성이 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구에서는 임상에서 널리 사용되고 있는 두 가지의 치과 캐드캠 장비로 제작된 수복물의 정확도를 비교하였다. 밀링 장비의 차이가 수복물의 정확도에 어떠한 영향을 미치는지 3차원 중첩 분석법을 통해 평가함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 두 가지의 밀링 장비로 제작된 3본브릿지 수복물의 정확도의 유의성 검증을 위하여 실시된 Mann-Whitney U 검정의 결과에서 두 집단 간의 정확도 값이 통계적으로 유의한 차이를 보이므로, 3+1축과 4축의 두 가지 밀링 장비에 따른 수복물 제작에 있어 정확도의 차이가 있음을 보여주었다( $p < .05$ ).
2. WCM 그룹이 CRM과 적은 오차를 보이므로 DCM그

룹보다 정확도가 더 우수하다.

## REFERENCES

- Addison O, Cao X, Sunnar P, Fleming GJP. Machining variability impacts on the strength of a “chair-side” CAD-CAM ceramic. *Dent Mater*, 28(8), 880-887, 2012.
- Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*, 204(9), 505-511, 2008.
- Boening KW, Wolf BH, Schmidt AE, Kastner K, Walter MH. Clinical fit of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent*, 84(4), 419-424, 2000.
- Bosch G, Ender A, Mehl A. A 3-dimensional accuracy analysis of chairside CAD/CAM milling processes. *J Prosthet Dent*, 112(6), 1425-1431, 2014.
- Cho HD, Jun YT, Yang MY. Five-axis CNC milling for effective machining of sculptured surfaces. *Int J Prod Res*, 31(11), 2559-2573, 1993.
- DeLong R, Heinzen M, Hodges JS, Ko CC, Douglas WH. Accuracy of a system for creating 3D computer models of dental arches. *J Dent Res*, 82(6), 438-442, 2003.
- Gonzalo E, Suarez MJ, Serrano B, Lozano JF. A comparison of the marginal vertical discrepancies of zirconium and metal ceramic posterior fixed dental prostheses before and after cementation. *J Prosthet Dent*, 102(6), 378-384, 2009.
- Grenade C, Mainjot A, Vanheusden A. Fit of single tooth zirconia copings: comparison between various manufacturing processes. *J Prosthet Dent*, 105(4), 249-255, 2011.
- Huh JB, Park CG, Kim HY, Park CK, Shin SW. Evaluation using Replica Technique on the marginal and internal fitness of zirconia cores by several CAD/CAM systems, *J Adv Prosthodont*, 48(2), 135-142, 2010.
- Hung SH, Hung KS, Eick JD, Chappel RP. Marginal fit of porcelain-fused-to-metal and two types of ceramic crown. *J proshet Dent*, 63(1), 26-31, 1990.
- Keshvad A, Hooshmand T, Asefzadeh F, Khalilinejad F, Alihemmati M, Van Noort R. Marginal gap, internal fit, and fracture load of leucite-reinforced ceramic inlays fabricated by CEREC inLab and hot pressed techniques. *J Prosthodont*, 20(7), 535-540, 2011.
- Lee KB, Park CW, Kim KH, Kwon TY. Marginal and internal fit of all-ceramic crowns fabricated with two different CAD/CAM systems. *Dent Mater J*, 27(3), 422-426, 2008.
- 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(1), 44-56, 2009.
- Persson M, Andersson M, Bergman B. The accuracy of a high-precision digitizer for CAD/CAM of crowns. *J Prosthet Dent*, 74(3), 223-229, 1995.
- Quintas AF, Oliveira F, Bottino MA. Vertical marginal discrepancy of ceramic copings with different ceramic materials, finish lines, and luting agents: an in vitro evaluation. *J Prosthet Dent*, 92(3), 250-257, 2004.
- Schaefer O, Kuepper H, Thompson GA, Cachovan G, Hefti AF, Guentsch A. Effect of CNC-milling on the marginal and internal fit of

dental ceramics: A pilot study. Dent Mat, 29 (8), 851-858, 2013.

Sjogren G. Marginal and internal fit of four different types of ceramic inlays after luting: an in vitro study. Acta Odontologica, 53(1), 24-28, 1995.

Sturdevant JR, Bayne SC, Heymann HO. Margin gap size of ceramic inlays using second-generation CAD/CAM equipment. J Esthet Dent, 11(4), 206-214, 1999.