



치과용 CAD/CAM의 내면 접합제 공간에 따른 지르코니아 보철물의 내면적합도 평가

장성우¹, 전현우¹, 문세정¹, 이현진¹, 김주연¹, 이정수¹, 배은정^{2*}

신구대학교 치기공과¹
 동국대학교 기계로봇에너지공학과²

Evaluation on the internal fitness of the zirconia prosthetic using dental CAD/CAM of cement space

Seong-Woo Jang¹, Hyun-Woo Jeon¹, Se-Jeong Mun¹, Hyeon-Jin Lee¹,
 Joo-yeon Kim¹, Jung-Soo Lee¹, Eun-Jeong Bae^{2*}

¹Department of Dental Laboratory Technology, Shingu University

²Department of Mechanical Robotics and Energy Engineering, Dongguk University

In this study, the internal fitness of zirconia made by dental computer aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM) was evaluated of internal cement space. The first molar of the maxillary right was duplicated and 15 abutments were fabricated. The abutment teeth were scanned and designed as a general coping shape. Each group was set up cement space 30(group A), 50(group B), 70(group C) μ m. The final fabricated zirconia was measured by silicon replica technique and digital microscopy ($\times 140$). Results were analyzed by one-way ANOVA and Tukey-post test ($\alpha = 0.05$). There was a significant difference between A and C buccal groups ($p < 0.05$). The mean value of all the points except the distal part of group C was less than 120 μ m. Although it is appropriate to apply clinically, it does not show the tendency of constant result different from set value. Therefore, further study on material and machine error affecting accuracy should be conducted.

Key words : Dental CAD/CAM, Cement space, Internal fitness, Silicon replica technique, Zirconia restoration

서론

최근 들어 치과보철물은 단순한 치아 기능을 대신하는 대체물의 역할 뿐 만 아니라 심미적인 관점에서 다양한 요구가 대두되고 있다. 이러한 사회적 흐름을 반영하듯 전부도재관

보철의 소재는 기존의 금, 은 등과 같은 금속성 소재에서 고강도 세라믹, 지르코니아 등과 같은 비금속성이면서 심미성이 우수하지만 수작업이 불가능한 소재로 변화하였다. 따라서 수복물의 제작방식도 새로운 소재의 특성과 정밀성, 생산성, 단납기 등의 요구에 따라 치과용 computer aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM) 기술을 도입해 제작하는 것으로 변화하고 있다(Yoon & Choi, 2011).

CAD/CAM이란 수작업에 의존하던 치과보철물 제작과정이 컴퓨터를 활용한 설계나 가공을 통해 자동화함으로써 시간단축과 저 노동력을 구현하기 위한 총체적 기술시스템이라고

* Correspondence: 배은정 (ORCID ID: 0000-0002-3098-7673)
 서울 중구 필동로 1길 30 동국대학교 원흥관 F611
 치과기기연구센터
 Tel: +82-2-2260-5850, Fax: +82-2-2290-1460
 e-mail: bej1119@naver.com

Received: Nov. 27, 2017; Revised: Dec. 08, 2017; Accepted: Dec. 10, 2017

* This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (Grant No. 2017RID1A1B03035688).

할 수 있다(Kim, 2017). 기존의 구조방식을 대체하는 방법으로 CAD/CAM 방식이 보편화됨에 따라 여러 번의 인상과정과 가공과정을 거치면서 발생할 수 있는 오차의 누적이 줄어들어 이전보다 정밀하고 일률적인 보철물 제작이 실현되었으며, 재료절약과 체어타임(chair-time) 감소 등의 이점을 토대로 CAD/CAM 시장은 점차 증가하고 있다. 이는 의료기기 산출물 유형별 연구개발비 투자현황에서 치과용 기기 및 기계와 치과재료의 금액 증감률이 다른 항목에 비해 확연히 높아지는 추세를 보이며, 치과기기 시장규모가 연평균 15.0%의 높은 성장률을 보인다는 한국보건산업진흥원(2016)의 보고를 통해 알 수 있다(Korea health industry development institute, 2016).

CAD/CAM 시스템에 의해 주로 사용되는 재료 중 하나인 지르코니아는 지르코늄(Zirconium)의 금속산화물로 고온에서의 내화학성 및 내열성, 고강도, 내마모성의 우수한 기계적 성질과 생체적합성, 구조적 안정성 등의 장점으로 금속을 대체할 수 있는 재료로 인식되고 있다. 지르코니아 보철물은 치아 색상과 가깝고 수복 시 주위 치아와 자연스러운 조화를 이루며(Bae 등, 2013), 편차가 적은 가공과정을 보편적으로 유지할 수 있어 그 사용이 더욱 늘어날 것으로 생각된다. 최근에는 하중을 많이 받는 구치부에도 심미적 중요성이 증가함에 따라 지르코니아를 사용한 수복물이 증가하고 있으며 이러한 추세는 계속될 전망이다(Yeom 등, 2010).

지르코니아와 CAD/CAM 시스템의 도입으로 보다 편리하고 심미적인 보철물을 얻을 수 있게 되었으나 보철물의 예후에서 가장 중요하게 여겨지는 적합도에 대한 가공정밀도도 짚어봐야 할 것이다. 내면적합도는 보철물의 장기적이고 안정적인 수명을 위해 매우 중요한 요소이며, 일반적으로 임상에서 허용 가능한 변연 간격은 100~120 μm 가 요구된다(Reich 등, 2008). 변연 누출이 커지면 2차 우식증과 치수염, 심미적 문제점을 유발하여 수복물이 실패하는 원인이 되기 때문에 매우 중요한 요소로 여겨진다. 일반적으로 CAD/CAM에 의한 보철물에서 변연 틈(MO: marginal opening)은 비교적 작으나 코어 내부의 측면과 지대치 사이의 틈(AG: axial gap)은 상대적으로 더 크다(Lee, 2011). 비록 임상적으로 인산아연 시멘트나 레진 시멘트로 합착한 지르코니아 고정성 보철물(fixed partial denture)의 탈락률은 매우 낮은 것으로 보고되

고 있지만 이러한 점은 보철물의 합착 시 또는 교합면의 조정 시 주의를 요하는 점이다.

내면 적합도는 보철물의 유지와 지지에 영향을 미치게 되는데 내면 접합제 공간이 너무 과도하면 파절이나 탈락 등의 문제를 야기할 수 있고, 너무 작으면 보철물의 장착을 불완전하게 할 수 있다. 이 같은 부적합은 곧 변연 누출로 이어지게 되고 변연 누출이 커지면 복합적인 문제를 유발하여 수복물이 실패하는 원인이 된다. 이에 관해 변연 적합도를 측정하는 방법 또한 많은 연구가 이루어 졌다.

변연 적합도 측정 방법으로는 다양한 방법들이 있다. 지대치에 대한 변연의 적합도를 측정하는 실험적 방법으로 Sorensen는 직접 보는 방법, 절단하여 보는 방법, 인상 채득하여 평가하는 방법, 탐침에 의한 시각적 관찰 등을 제시하였고(Sorensen, 1990), Molin과 Karlsson는 보철물을 절단할 필요가 없고 측정부위를 손쉽게 늘릴 수 있으며 반복적인 측정이 가능한 실리콘 복제법(Silicone replica technique)을 사용하였다(Molin & Karlsson, 1993). 실리콘 복제법은 보철물 내면에 실리콘을 채우고 그 두께를 측정하는데, light body 실리콘으로 보철물과 치아 또는 모형의 거리를 복제한 후 heavy body 실리콘으로 light body 실리콘을 지지한 다음 실리콘을 절단하여 절단된 단면의 light body 실리콘의 두께를 측정하는 방법이다(Kim & Kim, 2017). 이는 절단을 하지 않으므로 코핑과 지대치의 손상을 방지할 수 있다.

본 논문에서는 CAD/CAM 시스템을 이용한 지르코니아 보철물의 제작에 대한 과정을 연구하고 치과용 CAD/CAM에 의한 결과물이 임상적으로 허용 가능한 범위 내에 있는지를 내면적합성 측면에서 평가하고자 하였다. 서로 다른 내면값에 대한 적합도는 차이가 없을 것이라는 것이 본 연구의 가설이다.

재료 및 방법

1. 주 지대치 제작

적합도 측정을 위한 주 지대치는 적절한 크기와 길이를 고려하여 절단하였을 때 충분한 공간을 확보하기 위해 상악 우측 제1 대구치를 선택하였다(Han 등, 2015). 정확성을 위하여

복제용 실리콘 (Deguform, Degudent GmbH, Hanau-Wolfgang, Germany)을 이용해 몰드를 제작하였으며, 초경석고 (SNOW ROCK, (주)디케이문교, Gyeongnam Gimhae, Korea)로 15개의 주 지대치를 제작하였다.

2. 치과용 CAD/CAM을 이용한 지르코니아 보철물 제작

CAD/CAM을 이용한 지르코니아 보철물 제작은 준비된 15개의 주 지대치를 치과용 스캐너 (D700, 3Shape, Copenhagen, Denmark)를 이용해 스캔하였다. 스캔된 3차원 모형은 치과용 디자인 프로그램인 3shape dental system을 이용하여 일반적인 코핑을 디자인 한 다음 재현성 평가를 위해 코핑의 내면 접합제 공간을 3가지 그룹으로 나누어 각각 30, 50, 70 μm 로 부여해 하나의 그룹에 5개씩 총 15개를 디자인하였다. 디자인이 완료된 파일을 STereoLithography (STL)로 변환하고, 밀링 머신 (DWX-50, Roland DG Corporation, Shizuoka, Japan)으로 전송하여 반 소결 상태의 지르코니아 블록 (JAC, U&C Inc, Seoul, Korea)을 밀링하였다. 절삭이 완료된 반소결 상태의 지르코니아 보철물을 신터링 퍼니스 (Zirkonofen 600, Zirkonzahn Inc., Norcross/Georgia, USA)에 최종 소결하여 지르코니아 보철물 15개를 완성하였다(Fig 1).

3. 내면 적합도 측정

제작이 완료된 지르코니아 보철물의 내면에 light body



Figure 1. Zirconia restorations fabricated with Dental CAD/CAM.

silicone (Delikit, UC Dental, California, USA)을 채운 후, 곧바로 석고 지대치에 위치시키고 프레스 머신을 이용하여 49.8N으로 압력을 가하여 적합시켰다(Fig. 2)(Kim 등, 2015). 경화된 Light body silicone을 지르코니아 보철물에서 조심스럽게 분리시킨 후에 그 위에 강도가 있는 regular body silicone (I-SiL TM, UC Dental, California, USA)을 추가적으로 덮음으로써 안정화시켰다. Light body silicone film은 보철물과 작업모형의 간격을 나타내주는 역할을 하는데, 작업모형에 밀착된 light body silicone film은 두께가 매우 얇아서 찢어짐에 대한 저항이 작고, 형태를 유지하기 힘들기 때문에 형태를 유지시키기 위하여 regular body silicone을 사용하였다. 복제가 완료된 실리콘은 협면, 설면, 근심면, 원심면의 같은 부위를 측정하도록 각 부위의 중심 부분을 표시한 후 면도날로 절단하였다. 실리콘의 시편은 140배율의 Digital Microscope (KH-7700, Hirox, Hackensack, USA)로 내면 적합도를 관찰 및 촬영하였다. 측정부위는 협측(buccal), 설측(lingual), 근심(mesial), 원심(distal), 교합(occlusal)이며, 30 μm 로 설정한 그룹을 A, 50 μm 그룹을 B, 70 μm 그룹을 C로 정하였다.

4. 결과분석

통계분석 프로그램(IBM SPSS statistics ver. 23.0, IBM Co., Armonk, NY, USA)으로 세 그룹을 분석하기 위하여 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 사용하였으며(유의수준 95%), 사후검정으로 Tukey-test를 사용하여 분석하였다.

결 과

디지털 전자 현미경을 이용하여 내면 적합도의 평균값을 측정한 결과 A와 C군의 협측 두께에서만 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 평균단면의 5지점 중 C군의 원심부를 제외한 모든 지점의 평균값에서 120 μm 이하의 값을 나타내었다. C군의 교합면부의 평균값이 24.00 μm 로 가장 적은 차이의 내면 간격이 나타났고, C군의 원심부의 평균값이 145.66 μm 로 가장 큰 차이가 나타났다(Table 1).

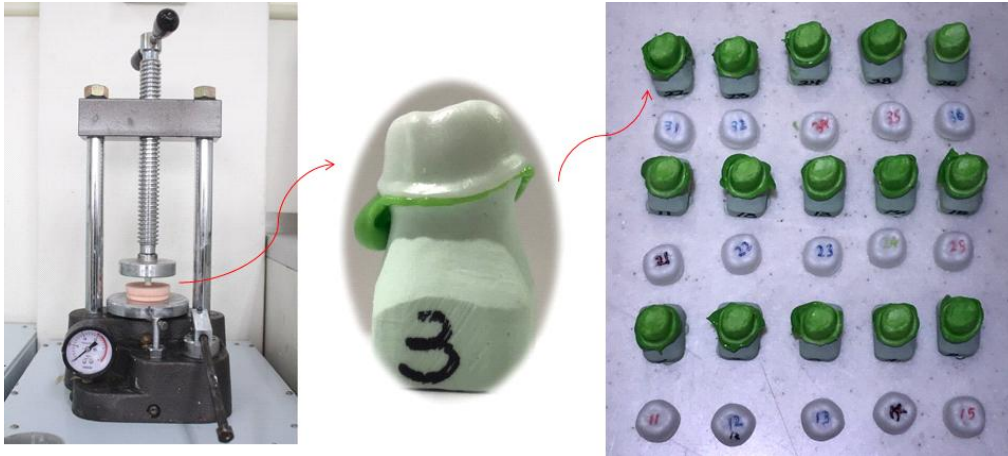


Figure 2. Machines used to manufacturing zirconia coping and silicone replica.



Figure 3. Measurement of Silicone replica film thickness using digital microscope ($\times 140$)

고찰

연구결과 세 그룹에서 각각 다른 내면 공간값을 설정하고 적합도를 측정된 결과 차이가 있는 것으로 나타나 귀무가설은

기각되었다. 본 연구에서는 CAD/CAM 시스템을 사용하여 각각 다른 수치의 내면 값을 적용한 지르코니아 보철물을 제작하였다. 그리고 내면 적합도를 비교 평가함으로써 임상적 허용 가능성을 가늠해보고자 하였다.

Table 1. Comparison of the mean internal fit of zirconia restorations

		Mean	SD	95% Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
				Lower	Upper		
Buccal	A	45.32a	10.25	32.59	58.05	38.1	63.1
	B	52.40	20.05	27.51	77.29	25.2	77.5
	C	80.06b	17.45	58.40	101.72	57.4	103.7
	Total	59.26	21.74	47.22	71.30	25.2	103.7
Lingual	A	54.56	15.65	35.13	73.99	40.5	78.6
	B	69.52	11.15	55.67	83.37	58.1	85.4
	C	81.32	34.06	39.03	123.61	53.9	140.7
	Total	68.47	23.78	55.30	81.64	40.5	140.7
Mesial	A	80.50	27.56	46.28	114.72	39.3	109.1
	B	66.42	34.12	24.06	108.79	18.4	110.9
	C	85.14	16.47	64.69	105.59	68.8	109.7
	Total	77.35	26.36	62.75	91.95	18.4	110.9
Distal	A	94.96	25.04	63.87	126.05	53.9	116.9
	B	111.16	31.78	71.71	150.62	77.4	147.8
	C	145.66	36.92	99.82	191.50	110.3	197.3
	Total	117.26	36.55	97.02	137.50	53.9	197.3
Occusal	A	35.46	23.56	6.20	64.72	9.5	71.8
	B	29.60	19.83	4.98	54.22	5.4	52.4
	C	24.00	10.63	10.80	37.20	7.1	35.8
	Total	29.69	18.07	19.68	39.70	5.4	71.8

* Statistically significant if $p < 0.05$; ab, letters indicate a homogeneous subset of groups.

기존 선행연구의 변연 및 내면 적합도 측정법은 대표적으로 cement analog technique과 silicon replica technique으로 분류할 수 있다. 그 중 silicon replica technique은 보철물 내면에 실리콘을 채워 그 두께를 측정하는 방법인데, 절단을 하지 않으므로 보철물과 지대치의 손상을 방지할 수 있다 (Kim 등, 2015). 따라서 본 연구에서는 비파괴적 방식인 silicon replica technique을 사용하였다. 지르코니아 보철물의 내면적합도는 보철물의 성공과 실패를 좌우할 정도로 가장 중요한 요소라고 말할 수 있으며, 많은 연구자들은 120 μm 이내가 가장 임상적으로 수용할 수 있는 허용 범위라고 보고 하였다(Neves 등, 2014; Yeo 등, 2003; McLean & Von

Fraunhofer, 1971).

본 연구에서는 실험 오차를 줄이기 위해서 몇 가지 노력을 하였다. 우선 지르코니아 블록을 동일한 장비에서 동일한 조건에 맞추어 절삭 가공하였다. 그리고 주 지대치에 보철물을 적합시키는 silicon replica technique의 과정에서 여건에 맞추어 press machine을 사용, 49.8N의 동일한 하중을 가하였으며 교두 높이의 차이에 의해 한곳에 응력이 집중되는 것을 보완함과 동시에 수직적으로 힘을 받도록 유도하기 위하여 특별히 고안된 고정대를 제작하는 등 실험 오차를 줄이고자 하는 노력을 하였으나 설정한 값에 비해 상이한 차이를 나타 내었다.

오차가 크게 나타난 요인으로 선행 연구에서 Mormann와 Schug(Mormann & Schug, 1997)는 절삭 과정에서 발생하는 기계의 떨림이나 회전축의 흔들림, 절삭 공구의 마모와 같은 형태 결함에 의한 오류가 나타날 수 있다고 보고하였다. 본 실험에서도 내면 적합도의 오차 범위가 최저 24.00 μm 에서 최고 145.66 μm 을 나타내었다. 이는 선행연구에서 보고한 요인들에 기인하여 각각의 CAD/CAM 시스템에 따라 절삭되는 공구의 차이나 프로그램을 다루는 술자의 숙련도, 지르코니아 블록의 다양한 성질 등에 따라 오차를 보이는 것으로 사료된다. 또한 임의로 설정한 내면 값과는 다르게 결과의 내면 값에는 일정한 경향이 적은 것으로 생각됨에 따라 이러한 결과가 나타난 원인을 분석하는 것이 매우 중요하다고 생각된다.

결론

본 연구는 치과용 캐드캠으로 제작된 지르코니아의 내면적 합성을 내면 설정 공간 측면에서 평가하였다. 상악 우측 제1대구치를 복제하여 실리콘 복제법과 디지털 전자현미경으로 측정된 결과 A와 C군의 협측에서 유의한 차이가 있었고, 평균 단면의 5지점 중 C군의 원심부를 제외한 모든 지점의 평균 값에서 120 μm 이하의 값을 나타내었다. 임상적으로 적용하기에 적절하다고 판단되지만 지정한 값과는 다르게 일정한 결과의 경향을 보이지 않음에 따라 정확도에 영향을 미치는 소재, 기계 오차 등에 대해 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

Bae EJ, Lee HJ, Kim HY, Kim WC, Kim JH (2013). Measure of shade differences according to the concentration of dental zirconia coloring liquid. *J Kor Aca Den Tec* 35: 185-192.

Han MS, Kwon EJ, Chio E, Kim SC (2015). Comparison of

the fit of the coping pattern constructed by manual and CAD/CAM, depending on the margin of the abutment tooth. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 16:6611-6617.

Kim DY, Sin CH, Jung ID, Kim JH, Kim WC (2015). Evaluation of Marginal and Internal Gap of Cobalt-Chromium Sintering Metal Coping Fabricated by Dental CAD/CAM System. *Journal of dental hygiene science* 15:536-541.

Kim KB, Kim SH, Kim JH (2015). Marginal Adaptation of Zirconium Dioxide Core according to the Abutment Teeth. *Journal of dental hygiene science* 15:54-59.

Kim WS, Kim KB (2017). An evaluation of marginal and internal gap of fixed dental prostheses printed by selective laser sintering. *Kor J Dent Mater* 44:141-149.

Kim WT (2017). Evaluation of accuracy of orthodontic models fabricated by dental digital equipments. *Kor J Dent Mater* 44:255-262.

Lee HH (2011). A clinical consideration of current dental zirconia CAD/CAM restorations. *Journal of the Korean dental association* 49:279-285.

McLean JW, Von Fraunhofer JA (1971). The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *British dental journal* 131:107-111.

Medical Device Industry Analysis Report (2016). Korea health industry development institute.

Molin M, Karlsson S (1993). The fit of gold inlays and three ceramic inlay systems: A clinical and in vitro study. *Acta Odontologica Scandinavica* 51:201-206.

Mormann WH, Schug J (1997). Grinding precision and accuracy of fit of CEREC 2 CAD-CIM inlays. *J Am Dent Assoc* 128:47-53.

Neves FD, Prado CJ, Prudente MS, Carneiro TA, Zancopé K, Davi LR, Soares CJ (2014). Micro-computed tomography evaluation of marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated by using chairside CAD/CAM systems or the heat-pressing technique. *J Prosthet*

Dent 112:1134-1140.

Reich S, Kappe K, Teschner H, Schmitt J (2008). Clinical fit of four-unit zirconia posterior fixed dental prostheses. *Eur J Oral Sci* 116:579-584.

Sorensen JA (1990). A standardized method for determination of crown margin fidelity. *J Prosthet Dent* 64:18-24.

Yeo IS, Yang JH, Lee JB (2003). In vitro marginal fit of three all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 90:

459-464.

Yeom MO, Lee JH, Shin SY, Sin SC, Cho JW (2010). The study on the shade color change that depends on the kind of zirconia core and the porcelain thickness. *J Kor Aca Den Tec* 32:341-350.

Yoon SG, Choi BH (2011). A study on the accuracy of zirconia copings using dental CAD/CAM system. *J Kor Aca Den Tec* 33:137-145.

치과용 CAD/CAM의 내면 접합제 공간에 따른 지르코니아 보철물의 내면적합도 평가

장성우¹, 전현우¹, 문세정¹, 이현진¹, 김주연¹, 이정수¹, 배은정^{2*}

신구대학교 치기공과¹
동국대학교 기계로봇에너지공학과²

본 연구는 치과용 캐드캠으로 제작된 지르코니아의 내면적합성을 내면 설정 공간 측면에서 평가하였다. 상악 우측 제1대구치를 복제하여 15개의 지대치를 제작하고 스캔하여 일반적인 코핑을 디자인 한 다음 내면 공간을 각각 30(A), 50(B), 70(C) μm 로 부여해 그룹당 5개씩 총 15개를 디자인하였다. 최종 제작된 지르코니아를 실리콘 복제법과 디지털 전자현미경으로 측정하였다($\times 140$). 일원배치 분산분석과 Tukey의 사후검정으로 결과를 분석하였고($\alpha = 0.05$), A와 C군의 협측에서 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 평균단면의 5지점 중 C군의 원심부를 제외한 모든 지점의 평균 값에서 120 μm 이하의 값을 나타내었다. 임상적으로 적용하기에 적절하다고 판단되지만 지정한 값과는 다르게 일정한 결과의 경향을 보이지 않음에 따라 정확도에 영향을 미치는 소재, 기계 오차 등에 대해 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

색인 단어 : 치과용 캐드캠, 접합제 공간, 내면적합도, 실리콘 복제법, 지르코니아 보철물