

수종의 CAD/CAM 시스템으로 제작한 지르코니아 기반 완전도재관의 적합도 비교

김성준¹ · 조광현² · 이규복^{3*}

경북대학교 치과대학 보철학교실, ¹대학원생, ²교수, ³조교수

연구목적: 최근에는 금속도재관의 심미적 문제로 심미성과 강도가 개선된 코어용 도재 및 지르코니아를 이용한 전부도재관 시스템에 관심이 증가되고 있다. 특히 금속과 유사한 강도를 가지면서 금속의 비심미성을 극복할 수 있는 지르코니아를 이용한 보철물의 제작이 국내외에서 많이 이뤄지고 있다. 하지만 CAD/CAM 시스템으로 제작되는 여러 종류의 지르코니아를 이용한 전부도재관의 적합도에 대한 임상 연구는 부족한 실정이다. 다양한 CAD/CAM 시스템 중 Procera, Cerec inLab, Lava에 의해 제작된 지르코니아를 이용한 전부도재관의 변연 적합도와 내면 적합도를 측정하여 이를 전통적인 방식으로 주조된 금속도재관의 적합도와 비교 평가해 봄으로써 임상 적용에 참고 자료로 활용하고자 한다.

연구 재료 및 방법: 본 연구를 위해 하악 우측 제2소구치에 해당하는 레진치를 삭제하여 인상채득 후, 금속 주모형을 제작하였다. 금속 주모형의 40개의 인상을 채득 후 각 시스템마다 10개씩 총 40개의 crown을 제작하였다. 금속도재관은 전통적인 방식으로 제작하였고 Procera, Lava, Cerec inLab crown은 zirconia core를 이용하여 CAD/CAM 시스템으로 제작하였다. 수직 변연 오차와 내면 간격을 각 그룹마다 금속 주모형에 시멘트 접착 없이 측정하였다. 그 결과는 one-way ANOVA와 Tukey's HSD test로 통계 내었다.

결과: 수직 변연 오차는 금속도재관이 $50.6 \pm 13.9 \mu\text{m}$, Procera crown이 $62.3 \pm 15.7 \mu\text{m}$, Lava crown이 $45.3 \pm 7.9 \mu\text{m}$, Cerec inLab crown은 $71.2 \pm 2.0 \mu\text{m}$ 로 측정되었다. 내면 간격은 금속도재관이 $52.6 \pm 10.1 \mu\text{m}$, Procera crown이 $161.7 \pm 18.5 \mu\text{m}$, Lava crown이 $63.0 \pm 10.2 \mu\text{m}$, Cerec inLab crown이 $73.7 \pm 10.7 \mu\text{m}$ 로 측정되었다. 변연 적합도 측면에서 볼 때 Procera crown, Lava crown, Cerec inLab 그리고 전통적인 금속도재관은 임상적으로 받아들일 수 있는 적합도 범위($120 \mu\text{m}$) 내에 있었다. 내면 적합도 측면에서 볼 때 Procera crown을 제외한 Lava crown, Cerec inLab, 금속도재관은 임상적으로 받아들일 수 있는 적합도 범위($140 \mu\text{m}$) 내에 있었다. (대한치과보철학회지 2009;47:148-55)

주요단어: CAD/CAM 시스템, 지르코니아, 변연적합도, 내면적합도

서론

현재까지 치과용 보철물의 심미성과 강도증진을 위해 도재하부에 금속을 강화한 금속도재관이 널리 이용되어 왔다.¹² 하지만 최근에는 금속도재관의 심미적 문제로 심미성과 강도가 개선된 코어용 도재 및 지르코니아를 이용한 전부도재관 시스템에 관심이 증가되고 있다. 특히 금속과 유사한 강도를 가지면서 금속의 비심미성을 극복할 수 있는 지르코니아를 이용한 보철물의 제작이 국내외에서 이루어지고 있다. 지르코니아는 통상적인 도재 수복물 제작 방법으로는 가공이 어려워 컴퓨터로 디자인하여 보철물을 제작하는 새로운 방법인 CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) 시스템으로 제작된다.³⁴ 1971년 François Duret⁵이 처음으로 치아 수복의 computer-assisted production을 발표하였다. 이후 1980년대 초 치과영역에 소개된 CAD/CAM 시스템은 컴퓨터로 제어되는 입력, 설계 및 가공과정을 통하여 보

철물의 제작 시간과 비용을 절감하기 위해 개발되었다.⁶⁷ 따라서 전통적인 도재 수복물의 제작 과정에서 발생하는 변형 문제가 해결되어 정확하고 물성이 균일하며, 설계 단계에서 합착재를 위한 공간이나 수복물의 두께 및 외형을 정확히 조절할 수 있고, 최신의 고강도 치과용 도재로 여러 가지 보철물의 제작이 가능하게 되었다.⁴⁸ 치과영역에 도입되어 이용되고 있는 CAD/CAM 시스템은 지대치의 3차원 입력과 수복물의 설계 및 재료 가공으로 그 체계를 나눌 수 있다.⁸ 지대치의 자료를 입력하기 위해서는 구강 내에서 카메라 촬영을 통한 직접 입력법과 석고모형을 제작한 후 입력하는 간접 입력법이 있는데, 간접 입력법은 감지 방식에 따라 레이저 스캐너나 카메라를 이용하는 비접촉식과 탐침을 이용하는 접촉식으로 구분된다. 현재 이용되는 간접 입력 방식의 CAD/CAM 시스템 중 Lava와 Cerec inLab⁹은 비접촉식 입력 방식을, Procera^{10,11}는 접촉식 입력 방식을 따르고 있다.

보철물의 적합도를 평가하는 방법에는 여러 가지가 있

교신저자: 이규복

700-412 대구시 중구 삼덕동 2가 188-1 경북대학교 치과병원 053-420-5921; e-mail, kblee@knu.ac.kr

원고접수일: 2008년 8월 20일 / 원고최종수정일: 2008년 10월 23일 / 원고채택일: 2008년 11월 26일

다. 그 중 변연 적합도는 보철물의 성공여부를 결정짓는 중요한 요인 중 하나이다.⁸ 변연 적합도가 낮은 경우 미세 누출이 증가하고 지각 과민증을 일으키거나 치태 침착이 증가하여 결과적으로 치아우식증이나 치주염이 발생하게 된다. 따라서 골 소실 등에 의해 치아 상실의 가능성을 증가시킬 수 있다. 이외에도 보철물의 적합성 증진을 위해서는 내면 적합도 또한 중요하다. 즉, 적절한 합착재 공간에 대한 고려가 필요하다.¹²

CAD/CAM 시스템으로 제작된 수복물의 적합도에 대한 연구로는 May 등¹³은 Procera Allceram crown의 변연과 측면 적합도를 평가하여 70 μm 이하의 값을 보고하였고, 김 등¹⁴은 CAD/CAM 시스템으로 제작된 alumina core와 통법으로 제작된 alumina core의 변연 오차를 각각 76.5 μm , 75.4 μm 으로 보고하여 서로 유의한 차이가 없었다고 하였다. 또한 Nakamura 등¹⁵은 Cerec 3 CAD/CAM 시스템으로 제작된 완전도재관은 임상적으로 받아들일 수 있는 적합도 범위 내에 있다고 말하였다. 이와 같이 이전 연구에서 CAD/CAM 시스템으로 제작된 보철물은 임상적으로 유용하다는 것을 알 수 있다. 그러나 아직까지 CAD/CAM 시스템으로 제작되는 수중의 지르코니아 기반 완전도재관의 적합도에 대한 임상 연구는 많지 않은 실정이다.

이에 본 연구에서는 다양한 CAD/CAM 시스템 중 Procera (Nobel Biocare, Gothenburg, Sweden), Lava (3M ESPE, St. Paul, MN), Cerec inLab (Sinora Dental System GmbH, Bensheim, Germany)에 의해 제작된 지르코니아 기반 완전도재관의 변연 적합도와 내면 적합도를 측정하여 이를 전통적인 방식으로 주조된 금속도재관의 적합도와 비교 평가해 봄으로써 임상 적용에 참고 자료로 활용하고자 한다.

연구 재료 및 방법

1. 시대치 형성

하악 우측 제 2 소구치에 해당하는 dentiform 레진 모형치아 (AG 3, Frasaco, Tettman, Germany)를 2566 milling bur (Edenta AG, AU/SG, Switzerland)와 milling machine (PFG-100, Cendres & Metaux SA., Biel, Switzerland)으로 삭제하였다. 1.0 mm 넓이의 rounded shoulder margin과 3.0 mm 측면 높이, 12°의 convergence angle을 가지도록 삭제하였고 모든 모서리와 꼭짓점은 둥글게 형성하였다.

2. 금속 주모형 제작

부가 중합형 인상재 (Aquasil Ultra LV & XLV, Densply Caulk, Milford, DE, USA)를 이용하여 삭제된 레진 모형치의 인상을 채득 후 인상체 내에 자가 중합형 아크릴 레진 (GC Pattern Resin, GC Corp, Tokyo, Japan)을 주입하였다. 제작된 아크릴 패턴을 매몰하고 합금 (Rexillum-3, Jeneric/Pentron Incorp., Wallingford, UK)을 주조하여 금속 주모형 1개를 제작하고 적합도 측정과 모형제작에 이용하였다.

3. 인상채득과 복제 모형 제작

부가 중합형 인상재 (Aquasil Ultra LV & XLV, Densply Caulk, Milford, DE, USA)와 1회용 Bite-tray를 이용하여 dentiform에 교합시킨 상태로 금속 주모형 인상을 40개 채득하였다. 채득된 40개의 인상체로 초경석고 (Fujirock EP, GC, Japan) 복제 모형 다이를 제작하였다 (Fig. 1).

4. 금속도재관 제작

복제 모형 다이를 이용하여 전통적인 방식으로 metal-coping 제작 후 도재를 축성하여 10개의 disappearing type의 변연형태를 가진 metal-ceramic crown을 제작하였다.

5. CAD/CAM system을 이용한 지르코니아 기반 완전도재관 제작

Procera crown, Lava crown, Cerec inLab crown을 다음과 같이 각각 10개씩 제작하였다.



Fig. 1. Duplicated investment working die.

1) 접착식 방법을 이용한 Procera crown :

스캐너 (Procera Scanner Model 50; Jentab Systems, Akers, Sweden)를 이용하여 10개의 복제 모형 다이를 스캔하였다. 이 자료를 파일 형태로 제조사 (Procera Sandvik AB; Nobel Biocare AB)로 전송하였다. 지르코니아 (Procera Zirconia; NobelBiocare, Göteborg, Sweden) 코어 제작 후 VITA VM® 9 powder를 이용하여 통법대로 crown을 완성하였다.

2) 비접착식 방법을 이용한 Lava crown과 Cerec inLab crown 제작 :

① Lava crown 제작 : 스캐너 (Lava Scan Scanner, 3M ESPE, Seefeld, Germany)를 이용하여 복제 모형 다이를 스캔하였고 컴퓨터상에서 코어 디자인 후 block (ZrO₂ specimen, 3M ESPE, Seefeld, Germany)을 milling (Lava Form Milling Unit, 3M ESPE, Seefeld, Germany)하였다. 그 후 소결 (Lava Therm Furnace, 3M ESPE, Seefeld, Germany) 과정

을 거쳐 10개의 코어 제작 후 veneer 세라믹인 Lava ceram 을 이용하여 통법대로 crown을 제작하였다.

② Cerec inLab crown 제작 : 스캐너 (inEos scanner, Sirona Dental Sysem GmbH, Bensheim, Germany)를 이용하여 복제 모형 다이를 스캔하였고 컴퓨터상에서 코어 디자인 후 block (IPS e.max ZirCAD, Ivoclar Vivadent AG., Liechtenstein)을 milling (Cerec inLab unit, Sirona Dental System GmbH, Germany)하였다. 그 후 소결 (Sintramat high-temperature furance, Ivoclar Vivadent AG., Liechtenstein) 과정을 거쳐 10개의 코어 제작 후 VITA VM®9 powder를 이용하여 통법대로 crown을 완성하였다.

6. 적합도 측정

각 시편들을 다음과 같이 4 그룹으로 나누어 변연 적합도와 내면 적합도를 측정하였다.

- 대조군 : Metal-ceramic crown
- 실험군 : Procera crown, Lava crown, Cerec inLab crown

(1) 변연 적합도 측정

변연 적합도를 측정하기 위해 특별한 장치를 제작하였다 (Fig. 2). 금속 주모형 상에 crown을 위치시킨 후 Torque controller (TorqControl; Anthogyr, Sallanches, France)를 이용하여 장치의 상부 screw에 10 Ncm torque를 가하여 고정하였다. 이후 변연 간격 측정을 현미경 (measuring microscope, MM-40, Nikon, Japan)과 디지털 카운터 (digital counter, SC-212, Nikon, Japan)를 이용하여 (Fig. 3) 100배 확대된 상에서 측정하였다 (Fig. 4). Crown 하나당 임의로 선

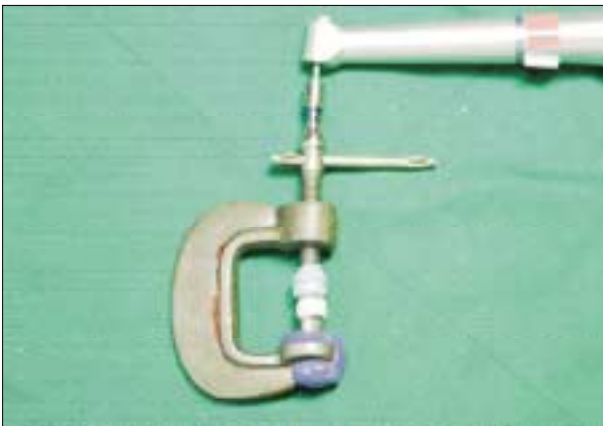


Fig. 2. Loading devices with torque controller.



Fig. 3. Measuring microscope (MM-40, Nikon, Japan).

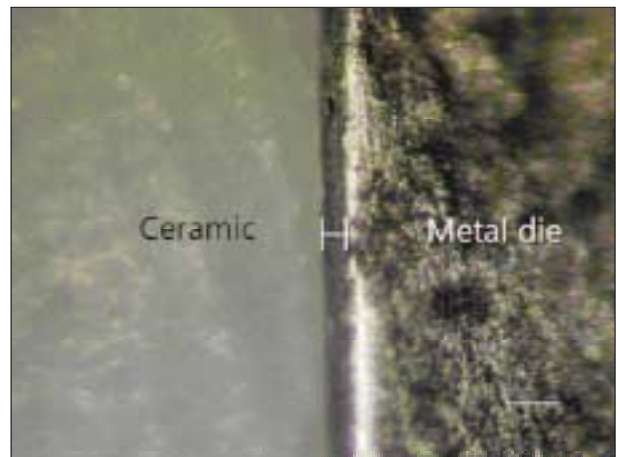


Fig. 4. Marginal discrepancy evaluation using a measuring microscope. (original magnification × 100, white bar represents 100 μm)

택된 50 points에서 변연 적합도를 측정하였으며 한 point에 대해 두사람이 각각 그 간격을 측정하여 평균을 낸 값을 그 point의 변연 간격으로 하였다. Crown의 수직 변연 오차 평균값은 50 points에서 측정한 값의 평균값으로 표시하였다.

(2) 내면 적합도 측정

내면 적합도 측정에는 silicone paste (Aquasil Ultra XLV, Densply Caulk, Milford, DE, USA)를 이용하였다. 먼저 금속 주모형과 crown을 전자식 저울 (Balance, AP210S; Ohaus Corp., Pine Brook, NJ, USA) 위에 올려놓은 후 reset 버튼을 눌러 영점 조정하였다. 이를 다시 꺼내어 crown 내면에 silicone paste를 주입하고 crown이 금속 주모형에 완전히 안착되도록 손으로 압력을 가하였다. 중합이 완료되기 전에 crown 외부의 과잉 paste를 완전히 제거하고, 중합이 완료된 후 지시 저울 위에 올려놓고 paste의 무게를 측정하였다.

금속 주모형의 표면적은 non-contact type contour measuring device (VIVID 910, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며 그 값은 70.15487 mm²였다. Silicone paste의 밀도는 1.082 g/cm³였다.

Crown의 내면 적합도는 금속 주 모형의 표면적과 silicone paste의 무게와 밀도를 이용하여 계산, 측정하였다.¹⁵

7. 통계 처리

각 그룹의 변연 적합도와 내면 적합도의 평균과 표준편차를 계산하였다. 각 그룹 간의 적합도의 차이를 알아보기 위해 각각 one-way ANOVA를 시행한 후 Tukey's

Table I. Mean and standard deviation (SD) of vertical marginal discrepancies for 4 crown groups (unit: μ m)

	Metal-ceramic	Procera	Lava	Cerec inLab
1	33.8	66.8	56.4	40.7
2	56.3	82.0	39.9	56.3
3	54.9	42.2	40.6	131.0
4	63.9	56.7	48.1	71.0
5	54.4	86.0	41.1	53.4
6	27.4	55.9	43.4	66.9
7	54.2	72.8	57.5	84.0
8	56.5	40.9	37.4	84.4
9	34.8	70.2	53.3	52.4
10	70.2	49.9	35.8	72.3
Mean	50.6	62.3	45.3	71.2
SD	13.9	15.7	7.9	2.0

HSD test를 실시하여 실험 결과를 분석하였고, 95%의 유의 수준으로 검정하였다.

결과

1. 변연 적합도

Lava crown이 가장 좋은 변연 적합도를 보였으며 Metal-ceramic crown, Procera crown, Cerec inLab crown 순이었다 (Table I). Cerec inLab crown은 Lava crown과 Metal-ceramic crown과 유의한 차이를 보였다 ($P < .05$). 나머지 그룹 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table II, III).

2. 내면 적합도

Metal-ceramic crown이 가장 좋은 내면 적합도를 보였으며 Lava crown, Cerec inLab crown, Procera crown 순이었다 (Table IV). Metal-ceramic crown과 비교했을 때 Procera crown과 Cerec inLab crown은 유의한 차이를 보였다 ($P < .05$). Procera crown은 나머지 세 그룹 모두와 유의한 차이를 보였다 ($P < .05$). 나머지 그룹 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table V, VI).

Table II. Results of one-way ANOVA for vertical marginal discrepancies

	Sum of squares	DF	Mean square	F	P
Between groups	4068.491	3	1356.164	4.74	.007
Within groups	10300.477	36	286.124		
Total	14368.968	39			

Table III. Statistical comparisons between groups in vertical marginal discrepancies

Group	Metal-ceramic	Procera	Lava	Cerec inLab
Metal-ceramic	-			
Procera	NS	-		
Lava	NS	NS	-	
Cerec inLab	*	NS	*	-

* denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level.

NS: not significant

Table V. Results of one-way ANOVA for internal gaps

	Sum of squares	DF	Mean square	F	P
Between groups	75112.846	3	25037.615	149.981	<.001
Within groups	6009.801	36	166.939		
Total	81122.646	39			

Table IV. Mean and standard deviation (SD) of internal gaps for 4 crown groups (unit: μm)

	Metal-ceramic	Procera	Lava	Cerec inLab
1	35.5	159.4	72.4	56.6
2	69.8	156.7	54	65.8
3	68.5	162	64.5	82.9
4	44.7	194.9	56.6	77.7
5	51.3	144.9	52.6	64.5
6	54	155.4	69.8	85.6
7	54	164.6	55.3	69.8
8	50	127.7	84.3	82.9
9	50	181.8	65.8	64.5
10	48.7	169.9	55.3	86.9
Mean	52.6	161.7	63	73.7
SD	10.1	18.5	10.2	10.7

Table VI. Statistical comparisons between groups in internal gaps

Group	Metal-ceramic	Procera	Lava	Cerec inLab
Metal-ceramic	-			
Procera	*	-		
Lava	NS	*	-	
Cerec inLab	*	*	NS	-

* denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level.

고찰

본 연구에서는 전통적인 주조 metal-ceramic crown의 적합도와 CAD/CAM 시스템으로 제작된 Procera crown, Lava crown, Cerec inLab crown의 적합도를 측정, 비교하였다.

전통적인 주조 수복물과 CAD/CAM 시스템으로 제작된 완전도재관의 적합도에 영향을 미칠 수 있는 요인은 다음과 같다. 주조수복물의 적합도에 영향을 미치는 요인으로는 인상체의 변형, 모형제작시의 변형, 변연 형태, 치아형성, 합착재의 종류, 측면의 경사도, 합착재 공간 등이 있다. CAD/CAM 시스템으로 제작된 완전도재관의 적합도에 영향을 미치는 요인으로는 scanning, software design, milling, shrinkage effect 등이 있다. 즉, CAD/CAM 제작과정 중 각 단계에서 변연 간격이 커질 가능성은 일차적으로 삭제된 지대치의 3차원 입력 시에 발생한다. 레이저의 경우에는 reflective coating시에 발생하고 입력 과정과 컴퓨터프로그램에서 기포 등의 오류를 수정하는 과정에서도 발생한다.⁶ 또한 절삭공구의 형태에 결함이 있는 경우나 절삭과정에서도 기계의 떨림이나 회전축의 흔들림에 의해 이러한 오류가 발생할 수 있다. 본 실험에서 나타나는 적합도의 오류는 위에서 살펴본 요인들에 기인하리라 사료된다.

주조관의 변연 적합도 측정기준에서 Holmes 등¹⁶은 crown과 삭제된 치아 변연 사이의 contour 차이에 따라 몇 가지 gap을 정의하였는데 지대치의 측면에서 수복물의 내면까지의 수직 거리를 내면 간격 (internal gap)이라고 하고 특히 변연 부위에서 동일한 측정치를 변연 간격 (marginal gap)이라고 하였다. 또한 지대치의 변연과 수복물 변연 사이의 거리를 절대 변연 오차 (absolute marginal discrepancy)라고 하였다. 본 연구에서는 변연 적합도를 측정하는데 있어서 수직 변연 오차를 이용하였다.

변연 간격의 임상적 수용 값에 대해서는 많은 논란이 있다. Assif¹⁷는 평균적인 변연 간격이 약 140 μm 라고 보고하였고, Christensen¹⁸은 적절한 변연 간격은 40 μm 이라고 하였다. 또 Sorensen 등¹⁹은 변연 오차로 인해 발생하는 골 소실 등을 억제하기 위해서는 변연 적합도가 50 μm 이어야 한다고 하였다. McLean 등^{20,21}은 5년 이상 구강 내에 있었던 1000개의 수복물을 조사하여 120 μm 의 변연 간격이 임상적으로 받아들일 수 있는 최대 한계라고 하였다. 위와 같은 임상적 연구 고찰로 볼 때 주조관과 CAD/CAM 시스템으로 제작된 수복물은 120 μm 이하의 변연 간격을 수용할 수 있다고 할 수 있다.¹³

이전의 연구에서 전통적인 주조법에 의한 수복물인 금속도재관은 최적의 기공조건에서 50 μm 이하의 변연 적합성을 구현할 수 있다고 하였다.²² CAD/CAM 시스템으로 제작된 수복물의 변연 적합도는 Procera system인 경우 May 등¹³은 Procera Allceram crown의 평균 변연 간격이 70 μm 이하라고 보고하였다. Lava system의 경우 Hertlein 등²³이 변연 간격은 $38 \pm 20 \mu\text{m}$, 절대 변연 오차는 $72 \pm 36 \mu\text{m}$ 라고 보고하였다. Cerec inLab system의 경우 Bindle과 Mormann²⁴이 chamfer margin을 가지는 all-ceramic CAD/CAM crown-coping의 적합도를 평가한 결과, 변연 간격은 $43 \pm 23 \mu\text{m}$, 내면 간격은 internal mid-mesiodistal gap width $82 \pm 49 \mu\text{m}$, internal mid-orobuccal gap width $114 \pm 58 \mu\text{m}$ 로 나타났다. 이는 연구자와 연구 방법에 따라 다양한 결과가 나오고 있음을 말해주고 있는데, 대부분 임상 허용치인 120 μm 이하의 변연적합도 범위에 있는 것으로 보고되고 있다.

본 연구에서 metal-ceramic crown, Procera crown, Lava crown, Cerec inLab crown의 변연 간격은 각각 $50.6 \pm 13.9 \mu\text{m}$, $62.3 \pm 15.7 \mu\text{m}$, $45.3 \pm 7.9 \mu\text{m}$, $71.2 \pm 2 \mu\text{m}$ 로 나타났다. 변연 적합도는 Lava crown이 가장 작은 변연 간격을 보였고 Cerec inLab crown이 가장 큰 변연 간격을 나타내었다. 하지만 앞서 고찰한 문헌^{20,21}의 내용을 토대로 볼 때 모두 임상적 허용치보다 작은 값을 나타내었다. 따라서 이전의 연구의 결과와^{13,15,23-25}같이 변연 적합도 측면에서 볼 때

평가된 모든 그룹은 임상적으로 사용 가능한 범위 내에 있는 것으로 판단된다.

주조관의 적합도에 관한 측정 기준에는 내면 적합도 또한 중요한 요소라고 여겨진다. CAD/CAM system의 경우는 설계 과정에서 컴퓨터 프로그램을 이용하여 수복물 내부에 공간을 부여하는 방법이 주로 이용된다.^{6,12,26} 이 공간이 너무 클 경우는 치아 형태에 의한 유지력은 획득하기가 힘들고 시멘트 자체에 의해 유지력이 생기므로 장기적인 안정성에 문제를 일으킬 수 있고 보철물의 장착 시 방향성을 상실할 수도 있다.¹²

전통적인 완전도재관의 내면 간격은 123 - 154 μm 라고 한다.²⁷ Tuntiprawon과 Wilson²⁸은 전부도재관의 경우 내부 측면의 적합도가 평균 73 μm 일 때 가장 큰 압축 강도를 가진다고 보고하였다. 내면 적합도는 곧 시멘트 피막 두께와도 연관된다고 볼 수 있다. Jorgensen과 Esbensen²⁹은 20 - 140 μm 의 시멘트 피막 두께의 차이는 유지력에 대해 단지 중등도의 영향만 미치며 140 μm 이상인 경우에만 유의한 유지력 감소를 보인다고 하였다. Passon 등³⁰은 피막 두께가 약 151 μm 인 경우에도 주조관의 유지력을 저하시키는 변화는 없다고 하였다.

본 연구에서 실험한 내면 간격은 metal-ceramic crown, Procera crown, Lava crown, Cerec inLab crown의 값이 각각 $52.6 \pm 10.1 \mu\text{m}$, $161.7 \pm 18.5 \mu\text{m}$, $63.0 \pm 10.2 \mu\text{m}$, $73.7 \pm 10.7 \mu\text{m}$ 로 나타났다. Metal-ceramic이 가장 작은 내면 간격을 보였으며 Procera crown이 가장 큰 내면 간격 값을 보였다. Procera crown은 다른 세 그룹들과 유의성 있는 차이를 나타내었다. 이전 연구^{27,29,30}에서는 내면 간격 허용두께를 140 μm 라고 하였다. 이들 연구 기준으로 볼 때 Procera crown을 제외한 metal-ceramic crown, Lava crown, Cerec inLab crown의 내면 적합도는 임상적으로 받아들일 수 있다고 생각된다. 본 연구에서 Procera crown의 내면 적합도가 임상 허용 범위 내에 있지 않은 결과는 이전의 연구^{24,31-33}와 다른 결과이다. 그 원인으로는 Procera crown 제작을 위해 스캔하는 과정, 데이터 처리과정, milling 과정, 코어 제작 후 도재를 축성하는 과정 등에서 오차의 발생 가능성을 생각해 볼 수 있으며 더 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

비접촉식 입력방식과 접촉식 입력방식의 적합도 비교에는 이전 연구에서와 같이²⁵ 변연 적합도 측면에서는 두 방식 모두 임상적 범위 내에 있었다. 하지만 내면 적합도 측면에서는 접촉식 입력 방식이 적합도가 떨어진다는 것을 간접적으로 확인할 수 있었다.

각 연구마다 적합도를 측정하는 부위에 대한 용어와 정의가 다르고 실험 조건이 다르기 때문에 적합도를 수

치만으로 비교하는 것은 무리가 있을 것이다. 하지만 이전의 연구들을 바탕으로 볼 때 현재 연구 결과의 변연 적합도는 양호한 값을 나타내었다. McLean 등^{20,21}은 120 μm 가 변연 적합도의 임상적 허용한계라고 보고하였고, 이를 기준으로 볼 때 본 연구에서 모든 수복물의 변연 적합도는 임상적으로 받아들일 수 있는 값을 보였다. 그러나 내면 적합도 측면에서 살펴볼 때 Procera crown을 제외한 나머지 3 군들은 임상적으로 받아들일 수 있는 내면 간격 값을 보였다.

지르코니아가 소결(sintering)후에 수축이 일어나는 정도에 있어서는 아직 연구 결과가 많지 않은 실정이다. 또한 CAD/CAM 시스템으로 제작된 지르코니아 기반 완전도재관의 적합도에 대한 연구도 미비하다. 앞으로 CAD/CAM 시스템의 신뢰성 있는 예측을 위해서는 구강과 유사한 상태에서 다양한 방법을 통한 평가와 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구에서는 CAD/CAM 시스템으로 제작된 지르코니아 기반 완전도재관 (Procera crown, Lava crown, Cerec inLab)의 적합도를 측정하고 이를 전통적인 주조 metal-ceramic crown의 적합도와 비교하였다. 레진 모형치를 삭제하여 금속 주모형과 복제 모형 다이로 제작하고 이를 통하여 metal-ceramic crown과 지르코니아 코어를 이용한 Procera crown, Lava crown, Cerec inLab crown를 각각 10개씩 제작하였다. 이들 시편을 현미경을 통한 변연 적합도와 silicone paste의 무게와 밀도를 통한 내면 적합도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 변연 적합도는 Lava crown이 가장 좋은 변연 적합도를 보였으며 Metal-ceramic crown, Procera crown, Cerec inLab crown 순이었다. Cerec inLab crown은 Lava crown과 Metal-ceramic crown 그룹과 유의한 차이를 보였다 ($P < .05$). 나머지 그룹 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다.
2. 내면 적합도는 Metal-ceramic crown, Lava crown, Cerec inLab crown순으로 좋은 내면 적합도를 보였으며 Procera crown이 가장 큰 내면 간격을 보였다. Metal-ceramic crown은 Procera crown과 Cerec inLab crown 그룹과 유의한 차이를 보였다 ($P < .05$). Procera crown은 나머지 세 그룹 모두와 유의한 차이를 보였다 ($P < .05$). 나머지 그룹 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다.
3. 변연 적합도 측면에서 볼 때 Procera crown, Lava crown, Cerec inLab 그리고 전통적인 Metal-ceramic

crown은 임상적으로 받아들일 수 있는 적합도 범위 (120 μ m) 내에 있었다.

4. 내면 적합도 측면에서 볼 때 Procera crown을 제외한 Lava crown, Cerec inLab, metal-ceramic은 임상적으로 받아들일 수 있는 적합도 범위 (140 μ m) 내에 있었다.

참고문헌

1. Kim HS, Ju TH, Oh SC, Dong JK. A Study of the Fracture Strength of the IPS-Empress Ceramic Crown according to margin Type. J Korean Acad Prosthodont 1997;35:296-307.
2. Koo JY, Lim JH, Cho IH. Marginal Fidelities according to the Margin Types of All Ceramic Crowns. J Korean Acad Prosthodont 1997;35:445-57.
3. Seghi RR, Sorensen JA. Relative flexural strength of six new ceramic materials. Int J Prosthodont 1995;8:239-46.
4. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Spickermann H, Anusavice KJ. Marginal fit of alumina-and zirconia-based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. Oper Dent 2001;26:367-74.
5. Duret F, Blouin JL, Duret B. CAD-CAM in dentistry. J Am Dent Assoc 1988;117:715-20.
6. Sturdevant JR, Bayne SC, Heymann HO. Margin gap size of ceramic in-lays using second-generation CAD/CAM equipment. J Esthet Dent 1999;11:206-14.
7. Besimo C, Jeger C, Guggenheim R. Marginal adaptation of titanium frameworks produced by CAD/CAM technique. Int J Prosthodont 1997;10:541-6.
8. Rekow ED. High-technology innovations and limitations for restorative dentistry. Dent Clin North Am 1993;37:513-24.
9. Mormann WH, Schug J. Grinding precision and accuracy of fit of Cerec2 CAD-CAM inlays. JADA 1997;128:47-53.
10. Andersson M, Razzoog ME, Oden A, Hegenbarth EA, Lang BR. Procera: a new way to achieve an all-ceramic crown. Quintessence Int 1998;29:285-96.
11. Person M, Andersson M, Bergman B. The accuracy of a high-precision digitizer for CAD/CAM of crown. J Prosthet Dent 1995;74:223-9.
12. Hung SH, Hung KS, Eick JD, Chappel RP. Marginal fit of porcelain-fused-to-metal and two types of ceramic crown. J Prosthet Dent 1990;63:26-31.
13. May KB, Russel MM, Razzoog ME, Lang BR. Precision of fit: the Procera Allceram crown. J Prosthet Dent 1998;80:394-404.
14. Kim DK, Cho IH, Lim JH, Lim HS. On the marginal fidelity of all-ceramic core using CAD/CAM system. J Korean Acad Prosthodont 2003;41:20-34.
15. Nakamura T, Dei N, Kojima T, Wakabayashi K. Marginal and internal fit of Cerec 3 CAD/CAM all-ceramic crown. Int J Prosthodont 2003;16:244-8.
16. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. J Prosthet Dent 1989;62:405-8.
17. Assif D, Rimer Y, Aviv I. The flow of zinc phosphate cement under a full-coverage restoration and its effect on marginal adaptation according to the location of cement application. Quintessence Int 1987;18:765-74.
18. Christensen GJ. Marginal fit of gold inlay casting. J Prosthet Dent 1966;16:297-305.
19. Sorensen SE, Larsen IB, Jürgensen KD. Gingival and alveolar bone reaction to marginal fit of subgingival crown margins. Scand J Dent Res 1986;94:109-14.
20. McLean JW, Von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an *in vivo* technique. Br Dent J 1971;131:107-11.
21. McLean JW. Polycarboxylate cements. Five years' experience in general practice. Br Dent J 1972;132:9-15.
22. Belser UC, Mecentee MI, Richter WA. Fit of three porcelain-fused-to-metal marginal designs *in vivo*: a scanning electron microscope study. J Prosthet Dent 1985;53:24-9.
23. Suttor D, Bunke K, Hoescheler S, Hauptmann H, Hertlein G. Lava[®] - The system for all-ceramic ZrO₂ crown and Brige frameworks. Int J Compt Dent 4 2001;3:195-206.
24. Bindl A, Mormann WH. Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM crown-copings on chamfer preparations. J Oral Rehabil 2005;32:441-7.
25. Persson A, Andersson M, Oden A, Sandborgh-Englund G. A three-dimensional evaluation of a laser scanner and a touch-probe scanner. J Prosthet Dent 2006;95:194-200.
26. Kim IS, Kim BO, Yoo KH, Kang DW. Design and fabrication of inner konus crown using three dimensional computer graphics. J Korean Acad Prosthodont 2000;38:544-51.
27. Grey NJ, Piddock V, Wilson MA. *In vitro* comparison of conventional crowns and a new all-ceramic system. J Dent 1993;21:47-51.
28. Tuntiprawon M, Wilson PR. The effect of cement thickness on the fracture strength of all-ceramic crowns. Aust Dent J 1995;40:17-21.
29. Jorgensen KD, Esbensen AL. The relationship between the film thickness of zinc phosphate cement and the retention of veneer crowns. Acta Odontol Scand 1968;26:169-75.
30. Passon C, Lambert RH, Lambert RL, Newman S. The effect of multiple layers of die-spacer on crown retention. Oper Dent 1992;17:42-9.
31. Coli P, Karlsson S. Fit of a new pressure-sintered zirconium dioxide coping. Int J Prosthodont 2004;17:59-64.
32. Lee KB, Park CW, Kim KH, Kwon TY. Marginal and internal fit of all-ceramic crowns fabricated with two different CAD/CAM systems. Dental Materials Journal 2008;27:422-6.
33. Park SH, Lee KB. A comparison of the crown fidelity between various cores fabricated with CAD/CAM and conventional cast metal coping. J Korean Acad Prosthodont 2008;46:269-79.

A comparison of the fidelity of various zirconia-based all-ceramic crowns fabricated with CAD/CAM systems

Sung-Jun Kim¹, DDS, MSD, Kwang-Hun Jo², DDS, MSD, PhD, Kyu-Bok Lee^{3*}, DDS, MSD, PhD

¹Graduate student, ²Professor, ³Assistant Professor

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University

Statement of problem: The interest in all-ceramic restorations has increased as more techniques have become available. With the introduction of machinable dental ceramics and CAD/CAM systems there is a need to evaluate the quality levels of these new fabrication techniques. **Purpose:** This study is to evaluate the crown fidelity (absolute marginal discrepancy and internal gap) of various zirconia-based all-ceramic crowns fabricated with different CAD/CAM (computer-assisted design/computer-assisted manufacturing) systems and conventional cast metal-ceramic crowns. **Material and methods:** A resin tooth of lower right second premolar was prepared. After an impression was taken, one metal master die was made. Then 40 impressions of metal master dies were taken for working dies. 10 crowns per each system were fabricated using 40 working dies. Metal-ceramic crowns were cast by using the conventional method, and Procera, Lava, and Cerec inLab crowns were fabricated with their own CAD/CAM manufacturing procedures. The vertical marginal discrepancies and internal gaps of each crown groups were measured on a metal master die without a luting agent. The results were statistically analyzed using the one-way ANOVA and Tukey's HSD test. **Results:** 1. Vertical marginal discrepancies were $50.6 \pm 13.9 \mu\text{m}$ for metal-ceramic crowns, $62.3 \pm 15.7 \mu\text{m}$ for Procera crowns, $45.3 \pm 7.9 \mu\text{m}$ for Lava crowns, and $71.2 \pm 2.0 \mu\text{m}$ for Cerec inLab crowns. 2. The Internal gaps were $52.6 \pm 10.1 \mu\text{m}$ for metal-ceramic crowns, $161.7 \pm 18.5 \mu\text{m}$ for Procera crowns, $63.0 \pm 10.2 \mu\text{m}$ for Lava crowns, and $73.7 \pm 10.7 \mu\text{m}$ for Cerec inLab crowns. **Conclusion:** 1. The vertical marginal discrepancies of, 4 crown groups were all within the clinically acceptable range ($120 \mu\text{m}$). 2. The internal gaps of LAVA, Cerec inlab, and metal-ceramic crowns were within clinically acceptable range except Procera crown ($140 \mu\text{m}$).

Key words: CAD/CAM system, zirconia, internal gap, vertical marginal discrepancy

Corresponding Author: **Kyu-Bok Lee**

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University, 2 ga 188-1 Samduk-dong, Jung-gu, Daegu, 700-412, Korea
+82 53 420 5921: e-mail, kblee@knu.ac.kr

Article history

Revised August 20, 2008 / Last Revision October 23 2008 / Accepted November 26, 2008