

CAD/CAM system으로 제작한 zirconia core의 적합도

부산대학교 치과대학 보철학교실

성지윤 · 전영찬 · 정창모 · 임장섭

I. 서 론

이상적인 심미 수복물은 투과성과 내마모성, 색조 안정성 좋아야 하고 충분한 강도와 우수한 생체 적합성 및 변연 적합도를 가져야 한다.¹⁻³⁾ 최근 심미적 수복물에 대한 관심이 늘어남에 따라 이러한 요구 조건을 만족시킬 수 있는 다양한 전부 도재 시스템들이 개발되어 임상에 이용되고 있다. 특히 금속과 유사한 강도를 가지면서 금속의 비심미성을 극복할 수 있는 zirconia를 이용한 보철물의 제작이 국내외에서 시도되고 있는데, zirconia는 통상적인 도재 수복물 제작 방법으로는 가공이 어려워 CAD/CAM (Computer-assisted design/computer-assisted manufacturing) system으로 제작된다.^{3,4)}

1980년대 초 치과영역에 처음 소개된 CAD/CAM system은 컴퓨터로 제어되는 입력, 설계 및 가공과정을 통하여 보철물의 제작 시간과 비용을 절감하기 위해 개발되었다.^{5,6)} 따라서 일반 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 가능한 장점이 있다. 반면, 시스템을 갖추는데 많은 경비가 필요하고 정밀한 가공기와 숙련된 조작 능력이 요구된다.^{4,7,8)}

CAD/CAM system을 이용한 보철물의 제작 과정은 지대치의 3차원 형상입력과 수복물의 설계 및 가공으로 나뉜다.⁷⁾ 지대치 정보를 컴퓨터에 입력하는

방법에는 구강 내에서의 카메라 촬영을 통한 직접 입력법과 석고모형을 제작한 후 입력하는 간접 입력법이 있는데, 간접 입력법은 감지 방식에 따라 탐침을 이용하는 접촉식과 레이저 스캐너나 카메라를 이용하는 비접촉식으로 구분된다. 접촉식의 경우는 시간이 많이 소모되는 단점이 있으나 데이터가 비교적 정확하여 여러 시스템에서 이용되고 있다.^{7,9,10)}

3차원 형상 입력 후 수복물의 설계는 변연 설정과 내면 및 외면 형성으로 이루어진다. 내면 설계는 합착재 공간이 주요한 변수이고, 외면은 인접치와 대합치 등이 변수가 된다.¹¹⁾

CAD/CAM system의 가공법에는 절삭가공, 전기방전가공, 소결가공 등이 있으며 대부분의 시스템은 초경절삭공구를 이용하는 절삭가공을 시행하고 있다.^{7,9)}

변연적합도는 보철물의 성공여부를 결정짓는 중요한 요인 중 하나이다.^{7,12)} 일반적으로 변연적합도는 치아형성, 인상체 또는 주모형의 정확도, 수복 재료의 종류와 제작방법, 변연형태와 위치, 합착재의 종류, 측면의 경사도 등에 의해 영향을 받는데, CAD/CAM system의 경우에는 지대치의 3차원 형상 입력과 오차 보상을 위한 컴퓨터 프로그래밍 과정 및 가공 정확도 등에 의해서도 변연적합도가 달라질 수 있다.^{5,12-14)} 이외에도 보철물의 적합성 증진을 위해서는 적절한 합착재 공간에 대한 고려가 필요하다.¹⁵⁻¹⁸⁾

CAD/CAM system으로 제작된 수복물의 적합도에 대한 연구를 살펴보면 May 등¹⁹⁾은 Procera Allceram crown의 변연과 측면 적합도를 평가하여 70 μ m이하

의 값을 보고하였고, 김 등²⁰⁾은 CAD/CAM system으로 제작된 alumina core와 통법으로 제작된 alumina core의 변연 오차를 각각 76.5 μ m, 75.4 μ m으로 보고하여 서로 유의한 차이가 없었다고 하였으며, Tinschert 등⁴⁾은 Precident DCS system을 이용하여 alumina와 zirconia로 제작된 도재관의 변연오차를 60.5~74.0 μ m로 보고하였다. 그러나 이러한 보고들에서는 internal relief나 변연부 선각 재현성에 대한 고려가 없었으며 또한 최근 CAD/CAM system으로 국내에서 제작되는 zirconia 도재관의 적합도에 대한 연구도 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 internal relief 조건을 다르게 설계하여 CAD/CAM system으로 제작되는 zirconia core의 적합도를 조사하고 변연부 형태의 재현성을 현미경으로 관찰하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 다이 제작

1) 레진 모형치(Columbia Co., USA)

상악 중절치를 대상으로 하여 다음과 같은 규격으로 제작하였다.

- 순측 변연: 폭 1.0mm non-beveled shoulder margin with rounded internal line angle
- 구개측 변연: 폭 0.8mm deep chamfer margin
- 절단부: 2.0mm 삭제
- 측면 경사도: 6°

Table I. Classification of experimental conditions

Code	Material	Internal relief(μ m)
Z 0	Zirconia*	0
Z10	Zirconia	10
Z20	Zirconia	20
Z30	Zirconia	30
Z40	Zirconia	40
Z50	Zirconia	50
E	IPS-Empress2 [†]	20

* ADENS Zi-Ceram (Dental Graphics, Korea).

[†] IPS-Empress2 (Ivoclar-Vivadent, Leichtenstein).

2) 금속 다이(Rexillum 3, Jeneric/Pentron Inc., USA)

레진 모형치를 복제하여 금속 다이 1개를 제작하고 변연오차(marginal discrepancy) 측정 시 사용하였다.

3) 초경석고 다이(Tuff Rock Formula 44-Type IV, Talladium Inc., USA)

금속 다이를 실리콘 인상재(Provil novo; Heraus Kulzer, Germany)로 복제하여 초경석고 다이 35개를 제작하고 zirconia core와 IPS-Empress2 core의 제작과 내부변연간격(internal marginal gap) 및 내부축면간격(internal axial gap) 측정 시 사용하였다.

2. Core 제작(Table I, Fig. 1)

1) Zirconia core

ADENS Zi-Ceram의 3차원 입력기(DGS, Dental Graphic, Korea)와 설계 프로그램(ADENS program, Korea) 및 절삭가공기계(FA-A300, 화우기계, 한국)를 이용하여 변연부 측면 0.7 mm를 제외한 core 내면에 internal relief를 0, 10, 20, 30, 40, 50 μ m로 부여하여 각 5개 씩 총 30개 core를 제작하였다.

2) IPS-Empress2 core (Ivoclar-Vivadent, Leichtenstein)

초경석고 다이에 제조사의 지시에 따라 변연부 축

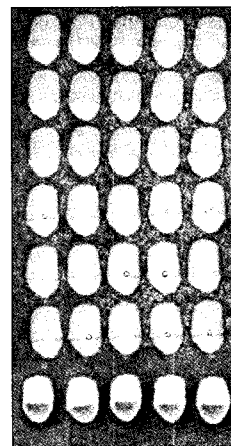


Fig. 1. Zirconia and IPS-Empress2 cores.

면 1mm를 제외한 부위에 die spacer(Nice Fit, Shofu Inc., Japan)를 두 겹 도포한 후 왁스(Dental Inlay Casting Wax, GC Co., Japan)를 이용하여 납형을 제작하고 heat-pressing technique으로 5개 core를 제작하였다.

3. 측정 및 관찰

1) 계측 현미경(Compact measuring microscope STM5; Olympus, Japan)

(1) 변연오차(Marginal discrepancy)

특별히 제작한 jig를 이용하여 금속 다이에 core를 위치시킨 후 순측, 구개측, 근심, 원심의 치경부 변연 적하에 표시된 세 지점에서 직각되고 가장 가까운

부위의 변연 간격을 한 시편 당 12 곳에서 100배율로 측정하였다(Fig. 2, 4A).

(2) 내부변연간격(Internal axial gap)과 내부측면 간격(Internal marginal gap)

초경석고 다이에 시멘트(GC FujiCEM, GC corporation, Tokyo, Japan)로 core를 함착한 후 acrylic resin에 포매하고 치아 장축의 순구개와 근원심 방향으로 절단하여 변연부를 순측, 구개측, 근심, 원심으로 나누어 다이 변연에서 core까지 수직되는 내부변연간격을 한 시편 당 8곳에서 100배율로 측정하고, 측면 전체 길이를 3 등분하는 두 부위를 표시하여 치경측, 절단측으로 나누어 다이 면에 수직되는 내부측면간격을 한 시편 당 16 곳에서 측정하였다(Fig. 3, 4B, 4C).

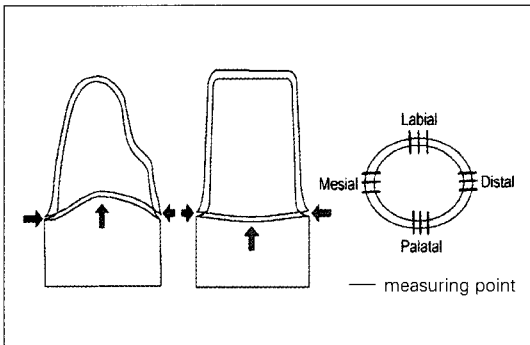


Fig. 2. Measuring points for marginal discrepancy.

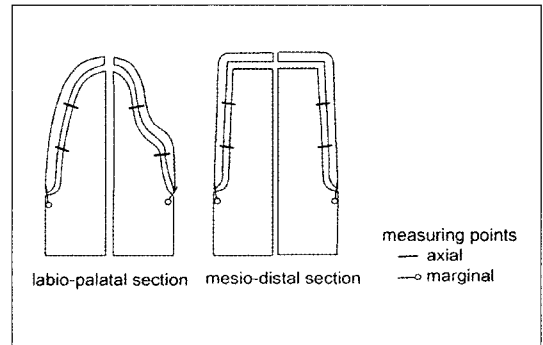


Fig. 3. Measuring points for internal marginal and axial gap.

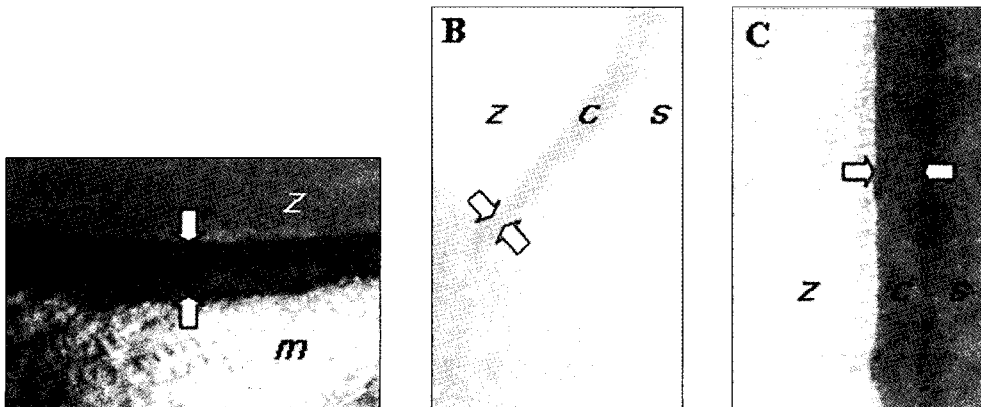


Fig. 4. Marginal discrepancy and internal gaps of zirconia core(Magnification $\times 100$): A, marginal discrepancy; B, internal marginal gap; C, internal axial gap; z, zirconia core; m, metal die; c, cement; s, stone die.

2) 주사전자 현미경(S-2700, Hitachi, Japan)

Zirconia와 IPS-Empress2 core의 변연부 선가재현성을 관찰하기 위하여 금속 모형과 core의 변연부위를 25배율과 50배율로 조사하였다.

4. 통계처리

변연오차, 내부변연간격, 내부측면간격의 평균과 표준편차를 계산하고, 적합도의 차이를 살펴보기 위해 각각 one-way ANOVA test를 시행한 후 Duncan's multiple range test를 실시하여 실험 결과를 분석하였고, 95% 유의수준으로 검정하였다.

III. 결 과

Zirconia와 IPS-Empress2 core의 내면적합도는 internal relief 조건과 관측 부위에 따라 다양한 값을 보였다. Internal relief 조건과 관측 부위에 따른 적합도의 평균값과 표준편차를 Table II와 Fig. 5에 나타내었다.

변연 오차는 Z0 89.6±34.2µm, Z10 86.0±40.8µm, Z20 89.4±46.9µm, Z30 62.8±31.4µm, Z40 68.7±38.0µm, Z50 77.0±40.1µm, E 72.8±39.0µm 이었다. 통계적 분석 결과(Table III) 이들 값에 유의한 차이가 없었다(P>0.05).

내부변연간격은 Z0 19.6±11.7µm, Z10 22.4±

Table II. Means and standard deviations of marginal discrepancy and internal gaps (Unit : µm)

			Code							
			Z0	Z10	Z20	Z30	Z40	Z50	E	
Marginal discrepancy*		labial	101.0(38.6)	139.2(27.5)	142.2(26.7)	85.3(29.5)	107.9(40.4)	119.2(39.7)	48.9(26.5)	
		palatal	104.1(86.4)	79.8(30.8)	93.1(48.0)	59.4(40.2)	74.2(32.3)	74.9(36.0)	88.2(44.4)	
		mesial	66.8(29.2)	62.4(21.9)	62.7(32.2)	41.8(12.6)	42.1(15.6)	44.3(21.8)	65(36.9)	
		distal	86.4(29.2)	62.5(32.4)	59.6(33.3)	64.5(32.0)	50.7(31.3)	69.8(30.5)	89.2(44.5)	
		mean	89.6(34.2)	86.0(40.8)	89.4(46.9)	62.8(31.4)	68.7(38.0)	77.0(40.1)	72.8(39.0)	
Marginal †		labial	14.9(4.0)	24.0(11.3)	22.7(10.2)	23.3(9.0)	19.1(4.1)	20.4(4.9)	25.9(12.1)	
		palatal	23.5(10.2)	28.6(15.6)	28.7(16.8)	29.4(8.5)	21.8(12.8)	22.1(6.6)	31.2(10.7)	
		mesial	24.3(19.1)	19.8(12.9)	25.5(14.5)	17.3(9.0)	20.2(5.0)	20.2(6.3)	28.7(9.8)	
		distal	15.7(4.8)	17.3(7.8)	22.4(12.7)	18.8(10.8)	28.3(11.0)	22.9(8.4)	24.6(8.0)	
		mean	19.6(11.7)	22.4(12.5)	24.8(13.5)	22.2(10.2)	22.3(9.4)	21.4(6.5)	27.6(10.2)	
Internal gap	Axial ‡	Incisal §	labial	83.9(17.9)	91.3(34.1)	79.8(22.7)	104.5(11.8)	141.9(59.6)	124.3(40.0)	69.6(3.3)
		palatal	92.1(21.1)	88.4(37.6)	104.8(27.5)	102.9(24.1)	80.1(15.6)	104.4(14.7)	84.2(7.7)	
		mesial	107.0(33.4)	108.1(37.1)	124.4(34.5)	106.0(28.9)	112.2(28.5)	114.8(41.3)	66.5(0.7)	
		distal	124.1(31.5)	121.4(16.6)	107.3(26.4)	128.9(26.2)	134.8(37.2)	148.5(101.0)	93.9(1.3)	
		mean	101.8(30.1)	102.3(32.8)	104.1(31.4)	110.5(25.2)	117.2(44.5)	123.0(58.6)	78.6(23.9)	
	Cervical ¶	labial	85.6(20.3)	114.1(24.9)	92.7(17.6)	126.7(9.5)	123.5(54.0)	133.5(27.1)	90.0(3.3)	
		palatal	94.4(68.8)	87.9(28.0)	95.0(28.2)	110.0(33.6)	101.9(45.1)	109.2(35.3)	85.6(0.4)	
		mesial	98.4(21.5)	94.0(37.6)	112.4(48.5)	96.6(27.9)	90.3(27.8)	98.4(33.7)	75.3(2.2)	
		distal	139.9(21.5)	143.8(21.4)	131.5(29.0)	130.1(27.9)	151.3(28.6)	163.4(56.5)	105.8(2.4)	
		mean	104.6(43.0)	109.9(35.3)	107.9(35.2)	115.8(28.8)	116.7(45.4)	126.1(45.8)	89.2(26.1)	
Total mean			103.2(36.9)	106.1(34.0)	106.0(33.2)	113.2(27.0)	117.0(44.7)	124.5(52.3)	83.9(25.4)	

* The vertical distance between core margin and die margin before cementation.

† The closest distance between stone die and core at gingival floor of margin after cementation.

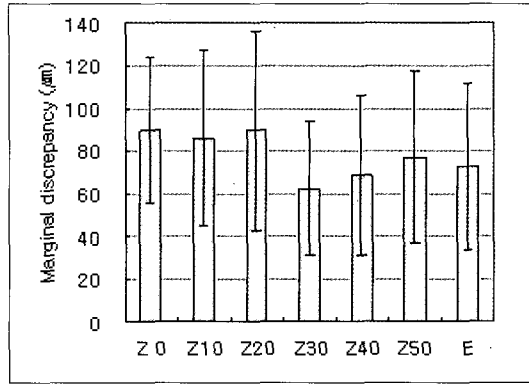
‡ The closest distance between stone die and core at axial surface after cementation.

§ 1/3 point of axial length from marginal internal line angle.

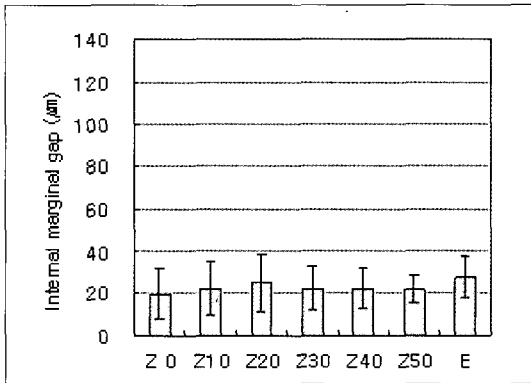
¶ 2/3 point of axial length from marginal internal line angle.

12.5 μm , Z20 24.8 \pm 13.5 μm , Z30 22.2 \pm 10.2 μm ,
Z40 22.3 \pm 9.4 μm , Z50 21.4 \pm 6.5 μm , E 27.6 \pm

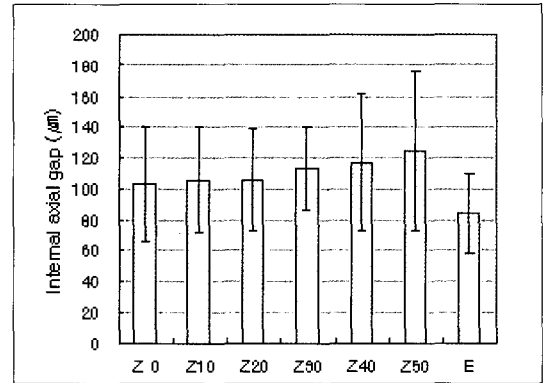
10.2 μm 이었다. 통계적 분석 결과(Table IV, V) 유의
한 차이가 있었는데(P<0.05), zirconia core는 IPS-



A



B



C

Fig. 5. Means and standard deviations of marginal discrepancy and internal gaps : A, marginal discrepancy ; B, internal marginal gap ; C, internal axial gap.

Table III. One way-ANOVA test for marginal discrepancy

Source	Sum of squares	DF	Mean squares	F	P
Model	8084.84476	6	1347.47413	1.53	0.1806
Error	67949.15083	77	882.4565		
Corrected Total	76033.9956	83			

Table IV. One way-ANOVA test for internal marginal gap

Source	Sum of squares	DF	Mean squares	F	P
Model	319.364286	6	53.227381	2.40	0.0414
Error	1088.56125	49	22.215536		
Corrected Total	1407.925536	55			

Empress2 core보다 내부변연적합도가 좋았다. 한편, zirconia core는 internal relief에 따라 내부변연간격에 통계학적인 차이가 없었다.

내부측면간격은 Z0 103.2±36.9μm, Z10 106.1±34.0μm, Z20 106.0±33.2μm, Z30 113.2±27.0μm, Z40 117.0±44.7μm, Z50 124.5±52.3μm, E 83.9±25.4μm 이었으며 통계적 분석 결과(Table VI, VII) 이들 값에 유의한 차이가 있었다(P<0.0001). Zirconia core는 IPS-Empress2 core보다 내부측면간격이 컸

으며 모든 조건에서 평균 100μm이상의 값을 보였다. 내부측면간격은 internal relief 0~40μm, 30~50μm 범위에서 각각 통계학적 차이가 없었으나 50μm을 relief한 zirconia core는 0~20μm을 relief한 경우보다 크게 나타났다.

금속 다이와 zirconia core 및 IPS-Empress2 core의 변연부를 주사현미경으로 관찰 비교한 결과 zirconia core의 변연부 선각 재현성은 양호하였고, 내면은 균일한 절삭결을 보였다(Fig. 6, 7, 8).

Table V. Duncan's multiple range test for internal marginal gap(μm)

Code	Mean	SD	Duncan grouping*
Z 0	19.6	11.7	B
Z10	22.4	12.5	B
Z20	24.8	13.5	B
Z30	22.2	10.2	B
Z40	22.3	9.4	B
Z50	21.4	6.5	B
E	27.6	10.2	A

* Codes with the same letters are not significantly different(P<0.05).

Table VI. One way-ANOVA test for internal axial gap

Source	Sum of squares	DF	Mean squares	F	P
Model	15909.55107	6	2651.59185	6.85	<.0001
Error	40656.7775	105	387.20740		
Corrected Total	56566.32857	111			

Table VII. Duncan's multiple range test for internal axial gap(μm)

Code	Mean	SD	Duncan grouping*
Z 0	103.2	36.9	B
Z10	106.1	34.0	B
Z20	106.0	33.2	B
Z30	113.2	27.0	A B
Z40	117.0	44.7	A B
Z50	124.5	52.3	A
E	83.9	25.4	C

* Codes with the same letters are not significantly different(P<0.0001).

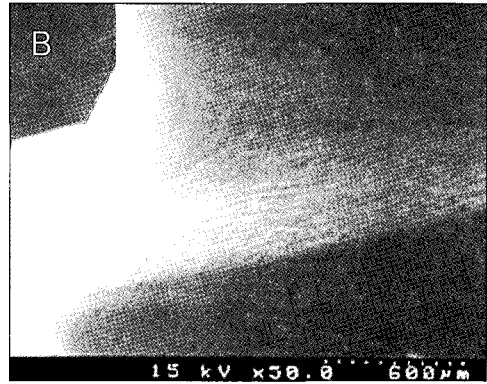
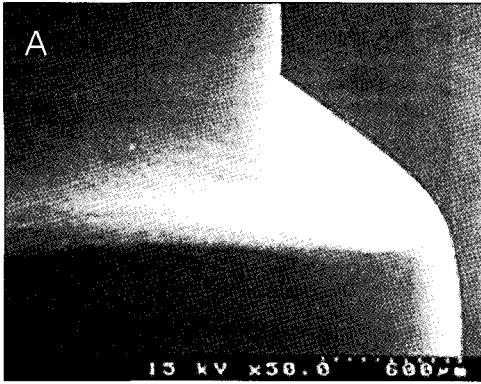


Fig. 6. SEM of metal die($\times 50$): A, labial margin:1.0mm non-beveled shoulder margin with rounded internal line angle: B, palatal margin:0.8mm deep chamfer margin.

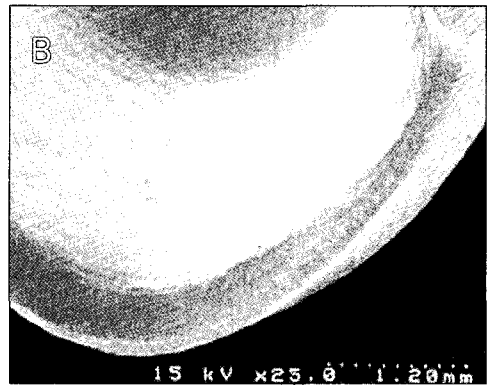
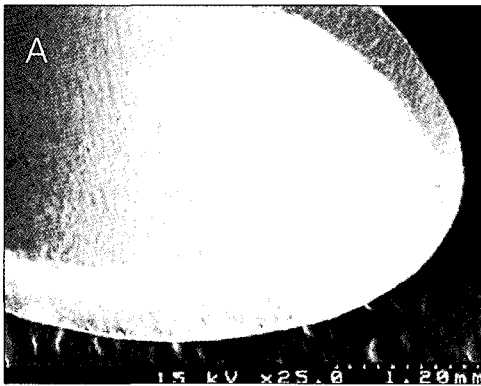


Fig. 7. SEM of zirconia core margin($\times 25$): A, labial margin: B, palatal margin.

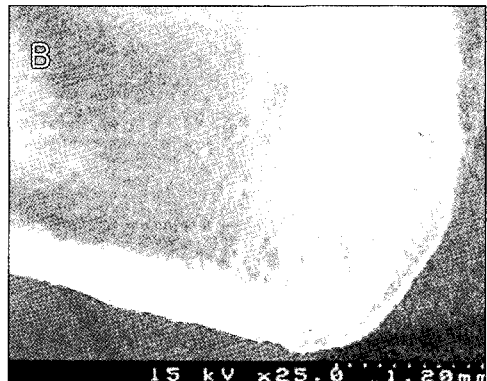
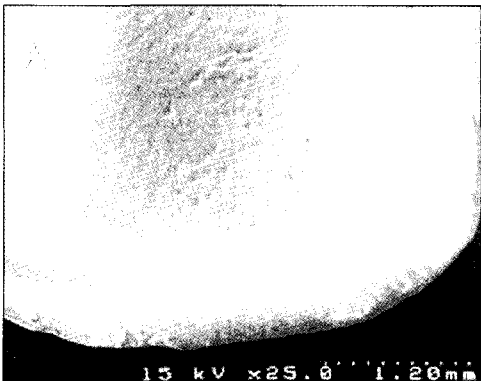


Fig. 8. SEM of IPS-Empress2 core margin($\times 25$): A, labial margin: B, palatal margin.

IV. 고 찰

주조관의 적합도에 관한 측정 기준에 대해서는 여러 연구에서 정의되는 바가 다르지만 Holmes 등²¹⁾은 지대치의 측면에서 수복물의 내면까지 수직 거리를 내부간격(internal gap)이라 하고 특히 변연부에서의 이것을 변연간격(marginal gap)이라고 정의 하였다. 또한 지대치 변연과 수복물 변연 사이의 거리인 절대변연오차(absolute marginal discrepancy)는 변연에서 생기는 오차 중 최대 값을 보이는 부분이므로 임상적으로 유용한 기준이 될 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 합착 전 core의 변연과 금속 다이 변연 사이의 거리를 변연오차로 정하였고, 합착 후 절단한 면에서 초경석고 다이의 변연에서 core까지 수직 거리를 내부변연간격, 다이 측면에서 core 내면까지의 수직 거리를 내부측면간격으로 정하였다.^{21,22)}

보철물의 변연적합도는 임상적으로 중요한 요소이다.^{10,12,23)} 만족할 만한 변연 적합을 얻기 위해서 이론적으로 필요한 시멘트 피막 후경이 25-40 μm 임에도 불구하고^{1,24,25)} 임상적으로는 보철물의 수명을 고려할 때 100~200 μm 정도는 수용할 만한 범위에 있다고 보고 되고 있다.²⁷⁻²⁹⁾ CAD/CAM으로 가공한 보철물의 적합도에 관한 연구를 보면 May 등¹⁹⁾은 Procera Allceram crown의 변연과 측면 적합도를 70 μm 이하로 보고하였고, Tinschert 등⁴⁾은 Precident DCS system을 이용하여 alumina와 zirconia로 제작한 도재관의 적합도 연구에서 변연오차를 60.5~74.0 μm 로 보고하였으며, 김 등²⁰⁾은 CAD/CAM system으로 제작된 alumina core와 통법으로 제작된 alumina core의 변연오차를 각각 76.5 μm , 75.4 μm 으로 보고하여 서로 유의한 차이가 없었다고 하였다. 또한 Valderrama 등²²⁾은 도재금속관과 방전 가공된 티타늄관의 변연적합에 대한 비교연구에서 도재금속관 47 μm , 티타늄관 61 μm 의 변연 적합을 얻었으며 이들 값에 유의한 차이는 없다고 하여 CAD/CAM system에 의한 변연적합이 주조법의 수준에 도달하였음을 보고하였다. 본 연구에서 zirconia core의 경우 internal relief 조건에 따라 변연오차는 평균 62.8~89.6 μm , 내부변연적합도는 평균 19.6~24.8 μm 를 보였다. 각 연구마다 적합도를 측정하는 부위에 대한 용어와 정의가 다르므로 적합도를 수치만으로 비교하는 것은 무리가 있겠으나, 이전의 연구들을

바탕으로 볼 때 본 연구에서 평가한 zirconia core의 적합도는 실험 조건 내에서 임상적 한계를 만족하는 것으로 판단된다.^{21,26-28)}

Fusayama 등¹⁵⁾과 Eames 등¹⁶⁾은 양호한 변연 적합을 얻기 위해서는 적절한 합착재 공간이 필요하다고 하였다. 이러한 공간은 합착 과정 중 초기 단계에서 hydraulic pressure를 감소시키며, 최소한의 마찰 저항으로 시멘트의 분배 효과를 증진시켜 보철물의 완전한 장착을 가능하게 한다.²⁹⁻³¹⁾ Jorgensen 등²⁴⁾은 합착재의 점주도와 지대치의 형태에 의한 hydrodynamic condition은 수복물의 장착 오류를 일으키는 주요한 원인이라 하였고, Gardner 등¹²⁾은 hydraulic pressure를 줄이지 않으면 시멘트 피막 후경은 100 μm 까지도 증가한다고 하였다. 이러한 hydraulic pressure를 줄이기 위한 방법에는 venting과 internal relief 등이 있다. 이 중 internal relief는 납형의 내면삭제, 주조체 내면 삭제, 주조체내면 식각처리, 그리고 전기화학적 밀링법과 die spacer 도포 등에 의해 이용될 수 있는데, 특히 CAD/CAM system의 경우는 설계 과정에서 컴퓨터 프로그램을 이용하여 수복물 내부에 공간을 부여하는 방법이 주로 이용된다.^{5,11,16,17)} 이러한 합착재 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 상실 할 수도 있다.^{17,32)} 특히 전부도재관의 경우 파절강도 감소의 우려가 있다.³¹⁾ 반면, 너무 적을 경우는 수복물이 불완전하게 장착되거나 유지력이 떨어질 수 있다.³⁶⁾ Tuntiprawon과 Wilson²³⁾은 전부도재관의 경우 내부 측면의 적합도가 평균 73 μm 일 때 가장 큰 압축 강도를 가진다고 보고하였고 평균 122 μm 까지 증가 시 유의한 변연 적합 개선은 없이 보다 낮은 파절강도를 나타낸다고 보고하였다. Jorgensen과 Esbensen³³⁾은 20~140 μm 의 시멘트 피막 두께의 차이는 유지력에 대해 단지 중등도의 영향만 미치며 140 μm 이상인 경우에만 유의한 유지력 감소를 보인다고 하였고, Passon 등³⁰⁾은 피막 두께가 약 151 μm 인 경우에도 주조관의 유지력을 저하시키는 변화는 없으므로 충분한 합착재 공간을 부여하여 우수한 변연 적합도를 추구하는 것이 바람직하다고 하였다. 본 연구에서는 측면의 적합도가 평균 103.2~124.5 μm 로 나타났는데, zirconia는 금속과 유사한 강도를 가지므

로 내부 측면 적합도가 강도에 미치는 영향은 적을 것으로 판단되며 유지력 또한 임상적으로는 문제가 없을 것으로 판단된다.

본 연구에서 제작한 zirconia core는 설계 시 부여한 internal relief와 상관없이 모든 경우 100 μ m 이상의 값을 보였고 다른 모든 조건이 동일함에도 불구하고 internal relief에 따른 변연오차 및 내부 간격이 큰 차이를 나타내지 않았다. 이를 통해 설계 과정에서 부여한 조건이 최종 수복물에 세밀히 반영되지 못했음을 알 수 있다.

CAD/CAM system을 이용한 보철물은 제작 과정 중 지대치의 3차원 형상 입력과 오차 보상을 위한 컴퓨터 프로그래밍 과정 및 가공 정확도 등은 최종 수복물의 정확도에 영향을 줄 수 있다.^{5,12} 본 연구에서는 지대치의 3차원 형상입력을 위해 접촉식 감지기를 사용하였다. 사용된 탐침은 길이가 약 30mm이고 직경이 0.02mm인 예리한 침의 형태이며, 다이올 고정시킨 상태에서 이 탐침이 상하, 좌우로 이동하며 50 μ m 간격으로 좌표를 읽는다. 이 과정 중 다이가 움직일 가능성이 있고, 가늘고 날카로운 탐침을 오래 사용할 경우 휠 우러가 있으며 변연과 경사진 면에서 탐침의 미끄러짐이 간혹 나타나 이것에 의해 오차가 발생할 수 있다. 미끄러진 부분에서는 감지기가 다시 읽어서 수정하거나 프로그램 상에서 수정되지만 일부는 해결되지 않고 남아 있어 최종 보철물의 정확도에 영향을 준다.

수복물의 설계는 변연 설정과 내면 및 외면 형성으로 진행되는데, 본 연구에서는 모델링 된 지대치의 변연부를 확대하여 회전시키며 수동으로 변연을 찾은 후에 이를 자동으로 연결하여 변연을 설정한다. 변연의 형태가 불규칙하거나 만곡이 심한 경우 이 과정에서 오차가 발생할 수 있으며, 오차 보상을 위한 프로그래밍 중 오류가 발생할 수도 있다.

절삭가공 과정 중의 오차에 의해 보철물의 정밀도가 영향을 받을 수 있다. CAM 기계의 떨림이나 회전축의 흔들림과 절삭 공구의 마모에 의해 오차가 발생할 수 있으며, 절삭되는 재료의 성질도 그 원인이 될 수 있다.^{34,35} 특히 본 연구에서 사용된 zirconia는 1차 소결 이후 1차 절삭가공을 실시하고 2차 소결 후 이 단계의 오류를 수정하기 위해 2차 절삭가공 과정을 거치게 되는데 2차 소결단계에서 발생하는 재료의 수축률 통제 문제와 2차 가공을 위한 수복물

장착 시 미세변위 현상 등으로 오차가 발생하였을 것으로 추정된다. Andersson 등³⁵은 Procera system의 가공정밀도 실험에서 절삭가공은 3.2~6.5 μ m, 방전가공은 5.6~10.4 μ m 범위의 오차를 보고하였고, Mormann 등²⁴은 CEREC1 system에서 29~67 μ m, CEREC2 system에서 9~27 μ m의 절삭가공오차를 보고하였는데, 이는 임상에서 보철물의 정밀도를 의미하는 것은 아니므로 본 연구에서 사용한 system의 가공 오차가 더 컸다고 단정하기는 무리가 있으며 이에 대한 연구가 더욱 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서 금속 다이와 core의 변연부를 전자현미경 사진으로 비교 관찰하였다. 그 결과 zirconia core의 변연부는 재현성이 비교적 양호하였고 절삭 내면은 균일한 결을 보였다. 그러나 Small³⁶은 접촉식 감지기로는 다이의 내부 선각이나 함몰부를 정밀하게 읽을 수 없어 shoulder 변연 같이 날카로운 선각을 재현하는 데는 아직 한계가 있다고 지적하였다. 특히 도재를 절삭 가공할 경우 표면이 거친 다이아몬드 절삭공구를 이용하므로 절삭면이 거칠고, 변연의 날카로운 부분이 깨져서 변연간격이 벌어지는 원인이 되기도 한다.²⁴

본 연구 결과 CAD/CAM system으로 제작한 zirconia core는 임상적으로 허용할 만한 수준의 변연 및 내면 적합도와 균질한 가공면을 보이는 것으로 나타났다. 내구성을 가진 심미적 수복물 제작을 위해서는 복잡한 형태의 core 설계나 가공정밀도와 아울러 enamel porcelain의 적합성 및 소성에 대한 더욱 깊은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 zirconia core의 internal relief 조건에 따른 변연오차와 내부간격 및 변연부 재현성을 IPS-Empress2 core와 비교하여 평가하였다. Internal relief 조건(0, 10, 20, 30, 40, 50 μ m)을 다르게 설계한 zirconia core와 IPS-Empress2 core를 제작한 후 금속 모형에 core를 위치시켜 계측 현미경으로 변연오차를 측정하고 다음 각 core를 개별 초경석고 다이에 합착하고 포매, 절단 후 내부변연간격과 내부측면간격을 측정하였다. 그리고 금속 다이와 core의 변연부를 주사전자현미경으로 관찰하여 다음의 결론을 얻었다.

1. Zirconia core는 IPS-Empress2 core에 비하여 모

든 internal relief 조건에서 변연오차는 유의한 차이가 없었고, 내부변연간격은 작게, 내부측면간격은 크게 나타났다.

2. Zirconia core의 변연오차와 내부변연간격은 internal relief 조건에 따른 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$).
3. Zirconia core의 내부측면간격에서 internal relief 0~20 μ m은 50 μ m보다 유의하게 작았다($P<0.0001$).
4. 전자현미경 상에서 zirconia core는 변연부 재현성이 양호하고 절삭내면은 균일한 결을 보였다.

본 연구에서 제작된 CAD/CAM-Zirconia core는 임상적으로 허용할 만한 수준의 변연 및 내면 적합도와 균질한 가공면을 보였다. 내구성을 가진 심미 수복물 제작을 위해서는 복잡한 형태의 core 설계나 가공정밀도와 아울러 enamel porcelain의 적합성 및 소성에 대한 더욱 깊은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Boening KW, Wolf BH, Schmidt AE, Kastner K, Walter MH. Clinical fit of Procera Allceram crowns. *J Prosthet Dent* 2000;84:419-24.
2. Moon BW, Yang JH, Lee SH, Chung HY. A study on the marginal fit of all-ceramic crowns using CCD camera. *J Korean Acad of Prosthodont* 1998;36:273-292.
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. 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.
6. Besimo C, Jeger C, Guggenheim R. Marginal adaptation of titanium frameworks produced by CAD/CAM techniques. *Int J Prosthodont* 1997;10:541-6.
7. Rekow ED. High-technology innovations- and limitations for restorative dentistry. *Dental Clinics of North America* 1993;37:513-24.
8. Yang JH, Yeo IS, Lee SH, Han JS, Lee JB. Marginal fit of Celay/In-ceram, conventional In-ceram and Empress 2 All-ceramic single crowns. *J Korean Acad of Prosthodont* 2002;40:131-139.
9. Duret F. The practical dental CAD/CAM in 1993. *J Can Dent Assoc* 1993;59:445-6, 448-53.
10. Kim IS, Kang DW. Marginal adaptation of the conical inner crown fabrication with CAD/CAM. *J Korean Acad of Prosthodont* 2002;40:30-41.
11. Kim IS, Kim BO, Yoo KH, Kang DW. Design and fabrication of inner konus crown using three dimensional computer graphics. *J Korean Acad of Prosthodont* 2000;38:544-51.
12. Gardener FM. Marginal of complete crowns-Literature review. *J Prosthet Dent* 1982;48:396-400.
13. Yu JH, Kim YC, Kand DW. A study on the marginal fidelities and fracture strength of IPS EMPRESS 2 ceramic crowns. *J Korean Acad of Prosthodont* 2000;38:606-616.
14. Lee JH. An experimental study on the cervical margin fitness in the collarless metal ceramic crowns formed by different techniques. *J Korean Acad of Prosthodont* 1990;28:203-212.
15. Fusayama T, Ide K, Hosoda H. Relief of resistance of cement of full cast crowns. *J Prosthet Dent* 1964;14:95-106.
16. Eames WB, O'Neal SJ, Monteiro J, Miller C, Roan JD, Cohen KS. Techniques to improve the seating of castings. *J Am Dent Assoc* 1978;96:432-7.
17. Hung SH, Hung KS, Eick JD, Chappell RP. Marginal fit of porcelain-fused-to-metal and two types of ceramic crown. *J Prosthet Dent* 1990;63:26-31.

18. Moon HS, Kim JJ. A study on the physical characteristics of the three commonly used die spacing materials. *J Korean Acad of Prosthodont* 1999;37:640-650.
19. May KB, Russell MM, Razzoog ME, Lang BR. Precision of fit: The Procera Allceram crown. *J Prosthet Dent* 1998;80:394-404.
20. Kim DK, Cho IH, Lim JH, Lim HS. On The marginal fidelity of all-ceramic core using CAD/CAM system. *J Korean Acad of Prosthodont* 2003;41:20-34.
21. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthet Dent* 1989;62:405-8.
22. Valderrama S, Roekel NV, Andersson M, Goodacre CJ, and Munoz CA. A comparison of the marginal and internal adaptation of titanium and gold-palladium metal ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1995;8:29-37.
23. Tuntiprawon M, Wilson PR. The effect of cement thickness on the fracture strength of all-ceramic crowns. *Aust Dent J* 1995;40:17-21.
24. Jorgensen KD. Factors affecting the film thickness of zinc phosphate cement. *Acta Odontol Scan* 1960;18:479-90.
25. Council on dental materials and devices. Revised american national standards institute/American dental association specification No. 8 for zinc phosphate cement. *J Am Dent Assoc* 1978;96:121-3.
26. McLean JW, Von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J* 1971;131:107-11.
27. Christensen GJ. Marginal Fit of Gold Castings. *J Prosthet Dent* 1966;16:297-305.
28. Jeon YC, Kim JH. An experimental study on the fitness of the cervical margin in the ceramo-metal crown according to the alloy types and the curvature of labio-cervical margin. *J Korean Acad of Prosthodont* 1991;29:181-196.
29. Wang CJ, Millstein PL, Nathanson DN. Effects of cement, cement space, marginal design, seating aid materials, and seating force on crown cementation. *J Prosthet Dent* 1992;67:786-90.
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. Grajower R, Zuberi Y, Lewinstein I. Improving the fit of crowns with die spacers. *J Prosthet Dent* 1989;61:555-63.
32. White SN, Kipnis V. The Three-dimensional effects of adjustment and cementation on crown seating. *Int J Prosthodont* 1993;6:248-54.
33. Jørsensen KD, Esbensen AL. The relationship between the film thickness of zinc phosphate cement and the retention of veneer crowns. *Acta Odontologica Scandinavica* 1968;26:169-75.
34. Mormann WH, Schug J. Grinding precision and accuracy of fit of CEREC2 CAD-CIM inlays. *J Am Dent Assoc* 1997;128:47-53.
35. Andersson M, Carlsson L, Persson M, Bergman B. Accuracy of machine milling and spark erosion with a CAD/CAM system. *J Prosthet Dent* 1996;76:187-93.
36. Small BW. Product review : All-ceramic system. *Gen Dent* 1998;46:446-50.

Reprint request to:

Young-Chan Jeon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
 Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University
 1-10 Ami-dong, Seo-gu, Pusan, 602-739, Korea
 jeonyc@hanmir.com

ABSTRACT

THE FIT OF ZIRCONIA CORE FABRICATED WITH CAD/CAM SYSTEM

Ji-Yun Seong, D.D.S., M.S.D., Young-Chan Jeon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Chang-Mo Jeong, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Jang-Seop Lim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University

Statement of problem: The use of zirconia prostheses fabricated with CAD/CAM system is on an increasing trend in dentistry. However, evaluation of the fit related to internal relief and marginal reproducibility of zirconia has not been reported.

Purpose : This study was to evaluate the fit related to internal relief and marginal reproducibility of zirconia core fabricated with CAD/CAM system.

Materials and methods: The evaluation was based on 30 zirconia cores and 5 IPS-Empress2 cores. Zirconia cores were fabricated in different conditions of internal relief(0, 10, 20, 30, 40 and 50 μ m), and IPS-Empress2 cores were fabricated in accordance with the manufacturer's instructions. Before cementation, the marginal discrepancies of cores were measured on metal die. And then, each core was cemented to stone die, embedded in an acrylic resin and sectioned in two planes(mesiodistally and labiopally). The internal gaps were measured at the margin and axial surface. Measurements for the marginal discrepancies, the internal marginal gaps and the internal axial gaps were performed under a measuring microscope(Compact measuring microscope STM5; Olympus, Japan) at a magnification of $\times 100$. In addition, the marginal configurations of metal die, zirconia core and IPS-Empress2 core were examined with SEM(S-2700, Hitachi, Japan).

Results: Within the limits of this study the results were as follows.

1. Compared with IPS-Empress2 cores, the marginal discrepancies of zirconia cores had no significant differences, the internal marginal gaps were statistically smaller and the internal axial gaps were statistically larger in each condition of internal relief.
2. The marginal discrepancies and the internal marginal gaps of zirconia cores had no significant differences related to the conditions of internal relief($P>0.05$).
3. The internal axial gaps of zirconia cores with 0~20 μ m for internal relief were significantly larger than that with 50 μ m($P<0.0001$).
4. SEM micrographs showed favorable marginal reproducibility of zirconia core and smooth texture on the milling surface.

Conclusion: The marginal discrepancy and the internal gaps of zirconia core were clinically acceptable and the milling surface was showed smooth texture. For fabrication of the durable esthetic restoration, further investigations on complex design of core, milling accuracy, compatability of enamel porcelain and porcelain firing seems to be needed.

Key words : Zirconia, CAD/CAM, Marginal discrepancy, Internal gap, Internal relief