In-Ceram 전부도재관의 shoulder 폭경에 따른 변연적합도

경북대학교 치과대학 보철학교실

천 승 근·이 청 희·조 광 헌

Marginal fit of In-Ceram crown according to shoulder width*

Seung-geun Chun·Cheong-Hee Lee·Kwang-Hyun Cho

Department of Dentistry Graduate School, Kyungpook National University Taegu, Korea

In-Ceram system is one of contemporary esthetic all ceramic restorations and has relatively high flexural strength.

The purpose of this study was to evaluate the marginal fit of In-Ceram crown according to shoulder width and measuring position.

In this study, twenty seven In-Ceram crowns devided into three groups, each prepared with shoulder width of 0.6mm, 0.9mm and 1.2mm.

All specimens were cemented with glass ionomer cement.

After cementation, specimens were measured marginal gap between the margin of the In-Ceram crown and the finishing line of resin master die by using a refrective microscope. Marginal gaps were recorded at the labial, lingual, mesial and distal measuring points on the resin master die.

The results of this study were as follows:

1. Mean marginal fits of each group were 81.28μm in 0.6mm shoulder width, 70.78μm in 0.9mm shoulder width and 67.75μm in 1.2mm shoulder width.
2. There was significant difference between group 0.6mm and 0.9mm, 1.2mm.($p<0.05$).
3. In comparison of marginal fit according to the measuring points, there was no significant difference.

---

* A thesis submitted to the Council of the Graduate School of Kyungpook National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Dental Science in December 1999.

In-Ceram 전부도재관의 shoulder 폭경에 따른 변연적합도

경북대학교 치과대학 보철학교실

천 승 근·이 청 희·조 광 헌

Ⅰ. 서 론

최근들어 삶의 질에 대한 관심이 증가하면서 치과 보철치료에서도 심미성이 강조되고 있다.

도재는 우수한 심미성과 생체친화성을 가지고 있으나, 인장 강도가 낮아 금속으로 보강된 금속 도재 수복물이 심미적 수복 방법으로 주로 사용되어 왔다. 그러나 금속 도재 수복물은 도재 소성 과정중 금속 하부구조의 변형에 의한 변연 적합성 결여와 금속에 의한 치은 변색, 불투명성, 금속선의 노출 등의 비심미적인 문제를가지고 있었다[1-3].

이런 금속 도재 수복물에서 나타나는 비심미적인 문제점을 보완하기 위해 도재만을 이용한 전부 도재관이 소개되었으며, 강도 및 심미성 증진을 위해 계속적인 연구가 있었다.

1965년 McLean과 Hughes[4]는 전통적인 장석 도재에 40-50%의 알루미나를 첨가시켜 기존의 도재관보다 강도를 크게 향상시켰으며, 1976년 McLean과 Sced[5]는 도재를 얇은 금속 코핑에 화학적으로 결합시켜 내면으로부터 균열의 전달을 제한하는 twin foil법을 개발하였다.

그 후 1980년대에 들어 주조성 유리 도재계인 Dicor[6], 도재를 내화 모형재 위에서 직접 축성하는 내화 모형계인 Optec HSP[7], 부가적인 수축을 최소화 하기 위해 미리 부분적으로 결정화된 도재를 사용하는 IPS Empress[8] 그리고, 유리 침투 도재계인 In-Ceram[9,10] 등 새로운 전부 도재관이 소개되었다.

이들 중 In-Ceram은 유리 침투 도재계로서 알루미나로 형성된 다공성의 코어위에 유리를 침투시켜 결정화 함으로써 강도를 증가시키는 방법을 사용하며 높은 파절 저항성을 가지고 있다[9,10].

보철 수복시의 나타나는 변연누출은 부적절한 치아 형성, 인상 채득, 납형의 부정확성, 모형 제작시 변형, 매몰재의 경화 팽창, 주조체 내면의 조잡성, 부적절한 인공 치관 설계, 변연의 형태와 형성 등[11,12]에 의해 초래되며, 이러한 변연누출은 치은염, 치은 퇴축, 치아 우식증, 치주 질환및 비심미성을 야기시키며 또한 보철물 수명을 단축시킬 수도 있다[13-16].

이러한 변연누출을 감소시키기 위하여 많은 선학의 연구가 있었는데, 1990년 Sorensen[17]은 금관 변연 적합도의 결정을 위한 정형화된 방법을 소개하였고, Hung 등[18]은 금속 도재관과 전부 도재관의 변연 적합도에 관해 연구하였고, Abbate 등[19]은 금속 도재관과 Cerestore 전부 도재관과 Dicor 전부 도재관의 변연 적합도를 비교 연구하였다. Vahidi 등[20]과 Holmes 등[21]은 도재관과 금속관의 변연 적합도를 비교했고, Morris[22]와 Sorensen 등[23]은 도재관, collarless 금속 도재관 그리고 금속관의 변연 적합도를 비교 연구했다.

또 In-Ceram의 변연 적합도에 관해서 Pera 등[24]은 3가지 다른 마무리선 형태에 따른 In-Ceram 의 변연 적합도를 연구하였고, Sorensen 등[22]은 다양한 삭제 모양에 따른 변연 적합도를 측정하였으며, Rinke 등[25]은 통상적 방법에 의해 제작된 경우와 copy-milled 기술로 제작된 경우의 변연 적합도를 비교하였다. 국내에서는 구 등[26]이 변연 형태에 따른 In-Ceram 전부 도재관의 변연 적합도에 관해 보고하였고, 임

등[27]은 접착재의 종류에 따른 In-Ceram 전부 도재관의 변연 적합도에 관해 보고하였다.

이처럼 현재까지 변연누출에 영향을 끼치는 여러 요인들에 대한 비교 연구가 많이 이루어져 왔으며 아울러 이를 감소시키기 위한 노력도 부단히 행해져 왔으나, shoulder 폭경이 변연누출에 미치는 영향에 관한 연구는 희소하다. 이에 본 연구에서는 shoulder 폭경의 차이에 따른 변연적합도를 비교 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 치아 형성 및 실험 모형 제작

기본 모형 제작을 위해 경질 레진치 (상악 우측 중절치, TRIMUNT Co. Tokyo, Japan)를 이용하여 절단연 약 2 mm, 변연은 백악 법랑 경계 1 mm 상방에서 0.5 mm 폭으로 경사도 6°, 마무리선은 둥근 내각을 가진 90°shoulder 형태로 삭제하였고(Fig. 1), 순면, 설면, 근심면, 원심면 중앙에 측정을 위한 기준점을 변연 아래에 표시하였다(Fig. 2).

삭제한 경질 레진치를 고무 인상재 (Examix, GC Co., Tokyo, Japan)와 왁스(Green inlay casting wax, hard-type, Kerr, USA)로 복제한 후, 주조하여 3개의 금속 주모형을 제작하였다.

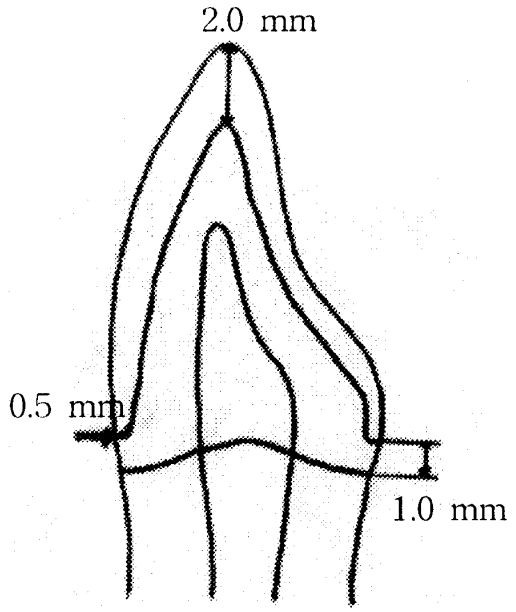


Fig. 1. Schematic presentation of tooth preparation

밀링머신 (PFG100, Cendres & Metauxsa Co., Switzerland)을 사용하여 금속 주모형의 변연부 shoulder 폭경이 각각 0.6 mm, 0.9 mm, 1.2 mm가 되게 형성하였으며, 고무 인상재를 이용하여 형성된 금속 주모형의 인상을 채득한 후 패턴 레진 (GC CO., Tokyo, Japan)으로 각각 9개씩의 레진 주모형을 제작하였다.

2. 다이 제작

27개의 레진 주모형을 고무 인상재를 사용하여 인상채득 후 초경석고 (Fujirock, GC Co., Tokyo, Japan) 다이를 제작하였다. 제작된 다이에 die spacer (Nice Fit, Shofu Inc., Kyoto, Japan)를 3회씩 도포한 후 통법에 따라 인상을 채득하여 Vita사에서 In-Ceram 시스템에 공급되는 특수석고를 이용하여 모두 27개의 작업 다이를 제작하였다.

3. 코아 및 치관의 형성

알루미나 분말을 제조 회사의 지시대로 혼합한 후, 슬립(slip)을 제작하고, 붓을 사용하여 혼합된 슬립을 작업 다이에 도포하여 완성된 슬립 코핑을 Vita Inceramat® (Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG, Germany) 도재로에서 소성하였다. 소성온도는 제조회사의 지시대로 6시간 동안 20 ℃에서 120 ℃까지 증가시키고, 120 ℃에서 1,120 ℃까지

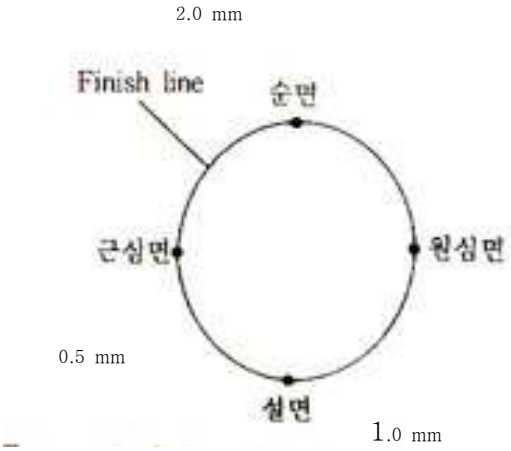


Fig. 2. Schematic presentation of measuring point

분당 10 ℃씩 증가시킨 후 2시간 동안 계류시켜 소성했다.

유리 분말과 증류수를 묽게 혼합하여 소결된 하부구조의 외면에 붓으로 도포한 후 제조회사 지시대로 도재로에서 30분간 1,100 ℃까지 빠르게 올리고 4시간 동안 유지하였다. 실온까지 식힌 후 coarse-grit diamond와 disk로 과도한 유리를 제거하고 35-50 μm Al_2O_3로 마무리하여 하부구조를 완성하였다.

그 후 Vitadur® Alpha (Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG, Germany)를 사용하여 최종 도재관 형태로 축성하였다.

Table 1. Mean, standard deviation(S.D.) of marginal discrepancies according to shoulder width and measuring point

Width	Position	Mean(μm)	S.D.(μm)
0.6mm	mesial	80.33	18.40
	distal	81.78	15.01
	buccal	82.89	15.69
	ligual	80.11	16.86
	total	81.28	15.86
0.9mm	mesial	72.22	16.52
	distal	65.78	17.17
	buccal	80.78	27.65
	ligual	64.33	15.61
	total	70.78	20.09
1.2mm	mesial	66.78	18.23
	distal	68.33	19.50
	buccal	67.89	16.98
	ligual	68.00	17.36
	total	67.76	17.26

4. 도재관의 접착

제작된 총 27개의 In-Ceram 도재관을 글라스 아이오노머 시멘트 (Fuji Ⅰ, GC Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 제조 회사의 지시대로 레진 주모형에 접착하였다.

5. 변연 적합도 측정

금속 주모형의 변연 하방을 따라 90°간격으로 미리 표시해둔 순측, 근심측, 설측 및 원심측의 4군데 기준점에서 반사 광학 현미경 (Vanamet2, Union Co., USA)을 사용하여 200배로 확대하여 변연 적합도를 측정하였다.

6. 통계처리

0.6 mm, 0.9 mm, 1.2 mm의 shoulder 폭경에 따른 통계적 유의성과 순측, 근심측, 설측, 원심측의 측정위치에 따른 통계적 유의성을 SAS 프로그램을 이용하여 two-way ANOVA test 및 Duncan's multiple range test를 시행하여 통계적 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 연구성적

In-Ceram 전부 도재관의 shoulder 폭경에 따른 변연 적합도의 측정 결과, shoulder 폭이 0.6 mm 일 때 평균 81.28±15.86 μm, 0.9 mm일 때 평균 70.78±20.09 μm 그리고, 1.2 mm일 때 평균 67.75±17.26 μm의 변연간극이 나타났다(Table 1).

Two-way Anova test 결과, 0.6 mm군은 0.9 mm, 1.2 mm군과 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며 ($p<0.05$)(Table 2), Duncan's multiple range test 결과도 역시 0.6 mm군과 0.9 mm, 1.2 mm군이 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$)

Table 2. Results of two-way ANOVA test for marginal discrepancies according to shoulder width and measuring point

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr>F
Width	2	3629.0185	1814.5093	5.65	0.0047
Position	3	623.4352	207.8117	0.65	0.5863

Table 3. Results of Ducan's multiple range test for marginal discrepancies according to shoulder width

Group	0.6mm	0.9mm	1.2mm
0.6mm			
0.9mm	*		
1.2mm	*	NS	

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

NS : not significant.

Table 4. Results of Ducan's multiple range test for marginal discrepancies according to measuring point

Group	mesial	distal	buccal	lignual
mesial				
distal	NS			
buccal	NS	NS		
lingual	NS	NS	NS	

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

NS : not significant.

(Table 3). 그러나 순면, 설측면, 근심면, 원심면 등의 측정부위에 따른 통계적 유의성은 없었다 (P>0.05)(Table 4).

Ⅳ. 고 찰

자연스럽게 보이는 인공치관에 대한 요구도가 점점 증가되면서, 고도의 심미성, 조직 친화성 그리고 강도를 만족시키는 수복물이 필요하게 되었으나, 기존의 금속 도재 수복물은 치은 변색, 불투명성, 금속선의 노출 등의 다양한 비심미적 문제을 가지고 있어 이를 극복하기 위해 도재만을 이용한 전부 도재관이 소개되었다.

1965년 McLean과 Hughes[4]는 40-50%의 알루미나 결정을 포함하는 알루미나 코아를 가진 전부 도재관을 개발하였지만 여전히 강도와 변연 적합도에 문제를 보였다. 그 후, 1976년 McLean과 Sced[5]는 도재를 얇은 금속 코핑에 화학적으로 결합시켜 내면으로부터 균열의 전달을 제한하는 twin foil법을 개발하였는데 주석으로 도금된 백금 위에 도재를 소성하면 강도가 증가되어 치관 파절이 감소한다고 하였다.

최근들어 더욱 심미적이고 제작 과정이 간단한 전부 도재관 시스템이 많이 개발되어 사용되고 있는데, 주조성 유리 도재계인 Dicor는 왁스 소환법으로 제작하며 불투명 도재를 사용하지 않는 장점이 있으나 부가적인 수축이 일어나 변연 적합도가 떨어지는 문제점이 있고[6], 내화성 모형계인 Optec HSP는 내화 모형재 위에 도재를 직접 축성하기 때문에 특수한 장비가 필요하지 않지만, 내화 모형재와 인접하는 도재의 표면에 기공이나 미세결함이 형성되어 파절의 원인이 될 수 있다[7]. IPS-Empress와 같은 열 가압 도재계는 납형을 매몰하고 소환시킨 후 미리 결정화된 유리질 도재를 가열시켜 가압성형하는 것이며[8,9], 1986년 Saudoun의 연구에 의해 개발된 In-Ceram은 알루미나를 코어로 사용하고 있다[10]. In-Ceram은 미세한 분말형태의 재료를 묽은 크림상태로 혼합한 현탁액을 슬립 캐스팅(Slip Casting) 방법으로 다이에 붓으로 발라 준 후, 도재로에서 소성한다. 소성이 완료되면 입자끼리 결합하지만 그 사이에 많은 기포들이 존재하게 되는데, 여기에 유리를 침윤시켜 재차 소성하면 강도가 현저히 증가되어 전치부의 고정성 가공의치로도 선택적 사용이 가능하다[31].

우수한 변연 적합도는 고정성 보철물의 임상적 평가에 사용되는 중요한 기준 중 하나이며, 다양한 연구의 초점이 되어왔다. 변연 적합도가 떨어지면 시멘트 용해 현상이 발생하고, 이런 미세누출은 음식물 및 구강내 찌꺼기의 침전으로 치수 생활력에 위협을 줄 수 있으며, 치아 우식증 또는 치주 질환으로 인해 치아의 존속성에 영향을 줄 수 있다 [13-16]. 따라서 보철물과 치아 사이의 변연의 누출이 없는 것이 이상적이나, 기공과정의 오차와 접착을 위해 사용되는 시멘트 두께로 인해 전혀 없게 할 수는 없을 것이다. 이러한 변연 적합도에 영향을 끼치는 요인으로는 치아 형성, 인상 채득, 납형의 부정확성, 모형 제작시 변형, 매몰재의 경화 팽창, 주조체 내면의 조잡성, 부적절한 인공치관 설계 등이 있다 [11,12].

이런 다양한 요인중에서 금속 도재관의 변연형태에 대해 Shillingburg 등[28]과 Faucher 등[29]은 shoulder가 chamfer에 비해 더 우수한 변연 적합성을 보이는데 이는 도재 소성시 금속관을 보강해 주기 때문이라고 하였으며, 전부 도재관의 경우 Schneider 등[30]은 내화모형계에서 shoulder을 추천하였고, Malament 등[6]은 유리도재계의 경우에 deep chamfer와 rounded shoulder를 추천하였다. In-Ceram 전부 도재관의 경우에는 Pera 등[24]이 deep chamfer와 50° shoulder가 우수한 변연 적합성을 보인다고 보고했으며, Gottingen[31]은 0.6-1.2 mm 폭경의 둥근 내각을 가진 90°shoulder를 추천하는데 이는 내각이 직각인 경우에는 응력이 집중되어 파절의 원인이 되기 때문이라고 하였다.

임상적으로 허용되는 치경부 변연 적합도에 관해서도 많은 연구가 이루어져 왔는데, ADA specification에 의하면 접착된 주조체의 변연 적합도는 25 μm 이하이어야 한다고 했으나[32], 실제로 이 정도의 적합도를 얻기란 쉽지 않다. Christensen[33]은 10명의 치과의사에게 인레이의 변연을 평가시켰는데, 임상적 허용한계로 치경부에서 34-119 μm이었고, 교합면 부위는 2-51 μm이었음을 보고하였고, McLean 등[34]은 5년 동안 1000개의 수복물에 대한 임상적 연구에서 120 μm가 변연 적합도의 임상적 허용한계라 하였다. Pera 등[24]은 에폭시레진 치아와 In-Ceram 전부 도재관의 변연 적합도를 입체 광학현미경을 사용하여 조사한 결과 그 크기가 15-35 μm라고 보고했으며, Sorensen 등[23]은 합착된 In-Ceram 전부 도재관의 변연 적합도는 다양한 삭제 모양에 따라 24-57 μm 범위 내에 있다고 보고했다. Rinke 등[25]은 In-Ceram 전부 도재관 제작시, 통상적인 방법으로 제작된 경우는 평균 32.5 μm, copy-milled 기술로 제작된 경우는 평균 38 μm의 변연간극을 보인다고 하였으며, Grey 등[35]은 기존 금속 도재관과 In-Ceram 전부 도재관의 변연 적합도 비교 실험에서 In-Ceram 전부 도재관이 평균 123 μm의 변연간극을 가진다고 보고했다. 국내에서는 구 등[26]이 변연 형태에 따른 In-Ceram 전부 도재관의 변연 적합도의 비교 실험에서 평균 29.67 μm의 변연 간극이 있었음을 보고하였고, 임 등[27]은 합착재의 종류에 따른 In-Ceram 전부 도재관의 변연 적합도의 비교 실험에서 Lute-it으로 접착한 군은 63.75 μm, Super-bond는 77.78 μm, Panavia 21은 86.53 μm의 변연 간극을 보였으며, 이는 각각의 레진 시멘트의 피막두께에 따른 것이라 보고하였다. 본 연구에서는 In-Ceram의 shoulder 폭이 변연적합성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 전부 도재관의 일반적인 마무리선으로 추천되는 둥근 내각의 90°shoulder 변연을 가지며 6°축벽 경사도를 보이는 금속 주모형의 shoulder 폭경을 각각 0.6 mm, 0.9 mm, 1.2 mm 나누어 실험하였다. Shoulder의 각이 90°보다 작을 경우 유리 법랑질이 존재하게 되고 이의 파절로 인한 변연누출의 위험이 생기며, shoulder의 각이 110°가 넘으면 변연 부위에 축성되는 도재의 양이 적어 도재파절의 위험을 가지게 되므로 90°shoulder를 사용하였다. 축벽은 경사가 큰 것이 합착재의 유출을 쉽게 하여 적합성에 유리하지만 유지력 면에서는 경사도가 작은 것이 유리하여 전부 도재관의 축면 경사도는 일반적으로 추천되는 6°를 선택하였다.

본 실험에서 적합도를 반사 광학 현미경으로 200배 확대 측정한 결과, shoulder 폭경이 0.6 mm인 경우 81.28 μm, 0.9 mm인 경우는 70.78 μm, 1.2 mm인 경우는 67.75 μm를 보였으며, 이는 McLean이 제한한 임상적 허용한계인 120μm내에 포함되는 수치이다. 또한 shoulder 폭경이 0.6 mm인 경우가 0.9 mm, 1.2 mm 인 경우보다 통계학적으로 변연 적합도가 떨어지는 것으로 나타났으며, 측정 위치에 따른 변연 적합도의 차이는 통계학적으로 유의성이 없었다.

도재 수복물에 있어 적절한 shoulder 폭은 도재 축성을 위한 충분한 공간을 제공하여 심미적 실패와 파절 위험을 줄여준다. 불충분한 shoulder 폭을 가졌을 경우에 치아형태가 과풍융 될 가능성이 많으며 이로 인해 치주 질환의 위험이 있을 수 있고, 불투명 도재나 코아가 비쳐보여 비심미적일 수 있다. 반면, 과도한 shoulder 폭의 확보를 위해 삭제량이 많아지면 치수에 유해하고 수복물을 지지하는 치질양이 줄어들어 문제가 된다.

본 실험에서는 Shoulder 폭경이 넓을수록 우수한 변연 적합도을 보였으며, 이는 적절한 shoulder 폭의 삭제가 In-Ceram 전부 도재관에서도 필요함을 의미한다. 이러한 이유는 본 연구의 결과만으로는 정확히 파악할 수 없으나, 적절한 코아 두께를 확보하

여, 코아 위에 도재를 축성할 때 발생하는 수축에 저항을 할 수 있기 때문이라 사료된다.

본 연구의 결과, In-Ceram 전부 도재관의 제작을 위한 치아 삭제시 치경부쪽 shoulder 폭경은 약 0.9 mm 이상이 되도록 충분히 삭제하여 강도와 심미성 뿐만 아니라 변연누출의 감소를 가져올 수 있어야 할 것으로 사료되며, 앞으로 shoulder 폭경과 변연누출에 관한 더 많은 연구가 필요할 것이다.

Ⅴ. 요 약

본 연구는 치아형성시 shoulder 폭경이 변연 적합도에 미치는 영향을 평가하기 위해 시행하였다.

지대치의 치경부쪽의 shoulder 폭경을 0.6 mm, 0.9 mm, 1.2 mm로 나누어 각각 9개씩, 총 27개의 모형을 제작하여 통법에 따라 In-Ceram 전부 도재관을 제작한 후 시멘트 접착하고 근심, 원심, 협, 설측 중앙 부위를 200배 확대하여 변연 적합도의 측정한 후 각 군과, 측정부위에 따른 변연 적합도 비교해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. shoulder 폭경이 0.6 mm인 경우 81.28 μm, 0.9 mm인 경우는 70.78 μm, 1.2mm 인 경우는 67.75 μm의 변연간극을 보였다.
2. shoulder 폭경이 0.6 mm인 경우가 0.9 mm, 1.2 mm인 경우보다 변연간극이 유의한 차이를 크게 나탔났으며($p<0.05$), 0.9 mm인 경우와 1.2 mm인 경우는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).
3. In-Ceram 시편의 변연부에서 근심측, 원심측, 순측, 설측의 측정위치에 따른 변연적합도의 비교 시 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

참 고 문 헌

1. Yamamoto, M. : Metal-Ceramics, Chicago, Quintenssence, 219, 1985.
2. McLean, J.W. : Ceramics in clinical dentistry, Br. Dent. J., 164:187-194, 1988.
3. Buchanan, W.T., Svare, C.W. and Turner, K.A. : The effect of repeated firings and strength on marginal distortion in two ceramometal systems, J. Prosthet. Dent., 45:502-506, 1981.
4. McLean, J.W. and Hughes, T.H. : The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides, Br. Dent. J., 119:251-267, 1965.
5. McLean, J.W. and Sced, I.R. : The bonded alumina crown. 1. The bonding of platinum to aluminous dental porcelain using tin oxide coatings, Aust. Dent., 21:119-127, 1976.
6. Malament, K.A. and Grossman, D.G. : The cast glass-ceramic restoration, J. Prosthet. Dent., 57:674-683, 1987.
7. Wallingfort, C.N. : Optec HSP laboratory technique manual. Jeneric/Pentro Inc., 1988.
8. Dong, J.K., Luthy, H., Wohlwend, A. and Scharer, P. : Heat-pressed ceramics : technology and strength, Int. J. Prosthodont., 5:9-16, 1992.
9. Campbell, S.D., Pelletier, L.B., Pober, R.L. and Giordano, R.A. : Dimensional and formation analysis of a restorative ceramic and how it orks, J. Prosthet. Dent., 74:332-340, 1995.
10. Baccetti, T., Giovannoni, A. and Bernardini, U.D. : Resistance to fracture of metal ceramic and all-ceramic crowns, Int. J. Prosthodont., 7:149-154, 1994.
11. 주태훈, 오상천, 동진근 : 변연 형태에 따른 IPS Empress 도재관의 적합도에 관한 연구, 대한치과보철학회지, 36:846-856, 1998.
12. Barreto, M.T., Goldberg, A.J., Nitkin, D.A. and Mumford, G. : Effect of investment on casting high-fusing alloys, 44:504-507, 1980.
13. Sorensen, J.A. : A retionale for comparison of plaque-retaining properties of crown system, J. Prosthet. Dent., 62:264-269, 1989.
14. Savitt, E.D., Malament, K.A., Socransky, S.S., Melcer, A.J. and Backman, K.J. : Effects on colonization of oral microbiota by a cast glass-ceramic restoration, Int. J. Perio. Res., 7:22-35, 1987.
15. Felton, D.A., Kanoy, B.E., Bayne, S.C. and Wirthman, G.P. : Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health, J. Prosthet. Dent., 65:357-364, 1991.
16. Goldman, M., Laosonthorn, P. and White R.R. : Microleakage-Full crowns and the dental pulp, J. Endo., 18:473-475, 1992.
17. Sorensen, J.A. : A standardized method for determination of crown margin fidelity, J. Prosthet. Dent., 64:18-24, 1990.
18. Hung, S.H., Hung, K.S., Eick, J.D. and Chappell, R.P. : Marginal fit of porcelain-fused-to-metal and two types of ceramic crown, J. Prosthet. Dent., 63:26-31, 1991.
19. Abbate, M.F., Tjan, H.L. and Fox, W.M. : Comparison

of the marginal fit of various ceramic crown systems, J. Prosthet. Dent., 61:527-531, 1989.
20. Vahidi, F., Egloff, E.T. and Panno, F.V. : Evaluation of marginal adaptation of all-ceramic crowns and metal ceramic crowns, J. Prosthet. Dent., 66:426-431, 1991.
21. Holmes, J.R., Sulik, W.D., Holland, G.A. and Bayne, S.C. : Marginal fit of castable ceramic crowns, 67:594-599, 1992.
22. Participants of CSP No. 147/242,[a] and Morris, H.F. : Department of veterans affairs cooperative studies project no. 242. Quantitative and qualitative evaluation of the marginal fit of cast ceramic, porcelain-shoulder, and cast metal full crown margins, J. Prosthet., Dent., 67:198-204, 1992.
23. Sorensen, J.A., Torres, T.J., Kang, S.K. and Avera, S.P. : Marginal fidelity of ceramic crowns with different margin designs, J. Dent. Res., 59:279, 1990.
24. Pera, P., Gilodi, S., Bassi, F. and Carossa, S. : In vitro marginal adatation of alumina porcelain ceramic crown, J. Prosthet. Dent., 72:585-590, 1994.
25. Rinke, S., Huls, A. and Jahn, L. : Marginal Accuracy and fracture strength of conventional and copy-milled all-ceramic crowns, Int. J. Prosthodont., 8:303-310, 1995.
26. 구재용, 임주환, 조인호 : 전부 도재관의 변연 형태에 따른 변연 적합도에 관한 연구, 대한치과보철학회지, 35:445-456, 1997.
27. 임주환 : 접착재의 종류에 따른 In-Ceram 도재관의 변연 적합도와 파절 강도에 관한 연구, 대한치과보철학회지, 36:888-898, 1998.
28. Shillingburg, H.T., Hobo, S. and Fisher, D.W. : Preparation design and margin distortion porcelain-fused-to-metal restoration, J. Prosthet. Dent., 29:276, 1973.
29. Faucher, R.R. and Nicholls, J.I. : Distortion related to margin design in porcelain-fused-to-metal restoration, J. Prosthet. Dent., 43:149, 1980.
30. Schneider, D.M., Levi, M.S. and Movi, D.F. : Porcelain shoulder adaptation using direct refractory dies, J. Prosthet. Dent., 36:583, 1976.
31. Gottingen A.H. : All-ceramic restorations with the In-Ceram system, 1995.
32. ADA Specification (ADA Specification No. 8, Council on dental materials and devices)
33. Christensen, G.J. : Marginal fit of gold inlay casting, J. Prosthet. Dent., 16:297, 1966.
35. McLean, J.W. and Fraunhofer, J.A. : The estimation of cement film thickness by an in vivo technique., Br. Dent. J., 131:107, 1971.
35. Grey, N.J., Piddock, V. and Wilson, M.A. : In vitro comparison of conventional crowns and a new all-ceramic system, J. Dent., 21:47-51, 1993.