

치과보철물 제작에 사용되는 금속-도재용 합금, IPS - Empress, 지르코니아(ZrO_2) 세라믹의 변연적합도에 관한 비교평가

김 철 수
우리치과기공소

The comparative study on the marginal fit of a metal-ceramic alloy, IPS - Empress and a zirconia(ZrO_2) ceramic used for fabrication of dental restoration

Chul-Soo Kim
We Dental Lab

[Abstract]

Purpose: As the demand and importance of aesthetic aspects in dental treatment become higher, much attention is paid to materials used for dental prostheses.

Thus, the marginal fidelity of most-commonly used alloy, IPS - Empress and ZrO_2 ceramic is compared.

Methods: The alloy core made by casting, IPS - Empress core made by pressing and ZrO_2 ceramic core made by CAD/CAM are used to make 10 samples respectively. For each core, three points were measured and the optical microscope (Axio Imager.Alm, Zeiss co., Oberkochen, Germany) was used to observe the cores with a magnification of 100.

Results: As for alloy, IPS - Empress and ZrO_2 ceramic, the average and deviation of their marginal distance are $29.91 \pm 11.93 \mu m$ for alloy, $33.45 \pm 8.61 \mu m$ for IPS - Empress, and $31.55 \pm 9.85 \mu m$ for ZrO_2 . The one-way ANOVA test was conducted to compare them. However, there was no statistically significant difference among them.

Conclusion: The study on marginal fidelity of alloy, IPS - Empress, and ZrO_2 ceramic shows they have no marginal fidelity problem clinically. Therefore, if a system is selected based on the patient's condition or treatment method, there will be no problem.

○ **Key words :** metal-ceramic alloy, IPS - Empress, zirconia(ZrO_2) ceramic, marginal fitness

교신저자	성명	김 철 수	전화	010-7225-5539	E-mail	soo-69@hanmail.net	
	주소	서울시 송파구 석촌동 295-11 영보빌딩 401					
접수일	2011. 2. 1		수정일	2011. 3. 7		확정일	2011. 3. 21

I. 서 론

치과보철물 제작은 새로운 재료와 각 연구에 의해 현저한 발전을 했으며 치과영역에서의 심미라 하면 안면성형, 치열교정, 심미보철치료의 범위로 나누어 볼 수 있는데 그 중에서 심미보철치료에 대한 관심이 높아지고 있다.

이렇게 심미가 중요시 되어가는 시점에서 손실된 치아를 다시 수복할 때 기존의 구강내의 심미적인 면을 환자의 요구에 맞게 회복시켜 주는 것이 중요하다. 이처럼 미에 대한 관심이 더 증가함에 따라 치과에서는 이에 맞는 치료방법과 치과보철물을 만들어 내는 시스템이나 장비 및 재료에도 많은 변화를 보이고 있다. 현재 치아의 형태와 기능을 재현하는 전부도재시스템으로써 주조를 통한 금속-도재용 합금, pressing을 이용한 IPS - Empress, CAD/CAM을 이용한 지르코니아(ZrO_2) 세라믹이 있다. 주조를 통한 금속-도재용 합금에서 금속은 금합금과 비귀금속합금으로 나뉘며 보철물 제작 시 금합금을 이용하는 것이 원칙이나 1970년대 이후 귀금속합금의 가격폭등으로 인하여 그 대용품인 비귀금속합금의 개발이 촉진되었으며, 최근에는 금의 가격폭등이 더욱더 오름에 따라 비귀금속합금이 각광을 받게 되었다(이인규와 최운재, 1991). 비귀금속합금이 고온에서 안정적일 뿐 아니라 가격이 저렴하면서도 비교적 정확한 주조체를 얻을 수 있어 널리 사용하고 있다(Preston & Berger, 1977; Weiss, 1977)는 장점과 비귀금속합금은 용융점이 높아 주조 후 수축량이 크고 용융 시에 흐름성이 낮아 귀금속합금에 비해 정확한 주조체를 얻기 힘들고(Anusavice 등, 1985; Anusavice & Shafagh, 1986) 조작의 용이성, 부식에 대한 저항성 및 생물학적 적합성에 있어서 단점(Baran, 1983)이 있지만 현재 치과보철물은 의료보험이 적용되지 않는 고가의 보철시술의 경우 대부분 환자들은 가격이 저렴하고, 구강 내에서 부식 변색 저항성이 높으며 기계적 성질이 우수한 비귀금속합금을 선호하고 있어 그 사용량이 감소하지 않고 있다(배지명, 2002). Pressing을 이용한 수복물로 IPS - Empress가 대표적이며 기존의 Aluminas porcelain의 시대에 그 빛 투과성이 높지 평가되면서 제작의 어려움, 강도 부족에 의한 장착 후의 파절과 이탈이 의문시되어 널리 응용 되지 않았었다

(Rosenblum 등, 1997). 그러나 최근에는 제작의 간단함, 높은 정밀도, 심미적인 투명감과 leucite로 강화 된 IPS - Empress system이 여러 범위에서 응용되어지고 있다(Fradeani 등, 1997). 또한 CAD/CAM을 이용한 지르코니아(ZrO_2) 세라믹은 기존의 전부도재관이 치아 수복재료의 요건인 생체친화성, 제작의 용이성, 심미성, 구강 내 응용에 적합한 강도, 그리고 경제성 등을 모두 만족시키기 부족하지만 최근 세라믹재료들 중 가장 높은 파괴인성과 강도를 가지면서도 생체친화성을 갖는 지르코니아(ZrO_2) 세라믹이 치과계로 도입되고, CAD/CAM 기술의 발전 및 보편화에 따라 수복재료로의 상기 조건들이 만족됨으로서 급속도로 지르코니아(ZrO_2)가 금속재료들을 대체해 가고 있다(고영학과 정종현, 2008).

이를 이용한 치과치료에서 기능적인 안정성과 심미적인 수복물의 제작을 위해서는 투과성과 내마모성, 색조안정성이 필요로 하고, 충분한 강도와 우수한 생체 적합성, 변연 적합도 등이 요구되며(Andersson 등, 1998; Boening 등, 2000; Seghi 등, 1995) 이러한 요구조건들을 만족시킬 수 있는 다양한 전부도재시스템과 이에 맞는 소재들이 이와 같이 개발되어 임상에 사용되고 있다(Sturdevant 등, 1999). 사용되어지고 있는 시스템과 재료를 통해서 보철물을 만들었을 때 변연의 적합도는 수복물의 성공여부를 결정짓는 중요한 요소 중 하나로서 적합도가 좋지 않으면 치아와 치주조직에 좋지 않은 영향을 미쳐 치태를 축적하는 원인이 되며, 나아가서 이차우식증이나 치주염을 일으키게 되어 실패의 원인이 된다(허중보 등, 2010). 이 세 가지 시스템을 이용하여 연구에 필요한 코어를 만들어 변연부의 간격이 $50\mu m$ 이상이 되면 시멘트 라인이 노출되어 그 사이로 타액이 들어가 이차우식증이 발생하게 됨(관교의치기공학교육연구회, 2002)으로 일반적으로 정하는 $40\mu m$ 까지를 적합의 기준으로 변연부의 간격을 측정하였다.

치과보철물 제작에 사용되는 금속-도재용 합금, IPS - Empress, 지르코니아(ZrO₂) 세라믹의 변연적합도에 관한 비교평가

II. 연구 방법

1. 실험재료

본 연구에서는 기존의 금속도재관과 새로운 전부도재관을 사용하여 세라믹 수복물을 만들 때 이들 재료들의 변

연적합도를 비교하기 위한 실험군으로는 주조를 통한 금속-도재용 합금코어(A), pressing을 이용한 IPS - Empress코어(B), CAD/CAM을 이용한 지르코니아(ZrO₂) 세라믹코어(C)로 분류하였다(Table 1).

실험군 중에서 주조를 통한 금속-도재용 합금(A) 코어

Table 1. Category of core material

Group	System	Material	Machine
A	Metal-ceramic alloy for casting	Vera-Bond of AalbaDent Co.,Ltd	Centrifugal casting machine of Kerr Co.,Ltd
B	IPS - Empress for pressing	E-max ingot 100 of Ivoclar vivadent Co.,Ltd	Programat EP 3000 of Ivoclar vivadent Co.,Ltd
C	Ceramic for CAD/CAM	Zirconia(ZrO ₂) Block of BK Tranding Co.,Ltd	Arum Dental CAD/CAM system of Doowon IMC

제작은 AalbaDent 회사의 Vera-Bond(PFM용 metal)를 이용하여 10개의 코어를 Kerr사의 원심주조기로 주조하여 만들었으며 Pressing을 이용한 IPS - Empress 코어(B)는 10개를 제조사의 지시에 맞게 매몰하고 E-max Ingot 100을 사용하여 Ivoclar-Programat EP3000으로 pressing하여 10개의 코어를 만들었고, CAD/CAM을 이용한 지르코니아(ZrO₂) 세라믹코어(C)는 백광교역의 지르코니아(ZrO₂)블록으로 두원산기의 Arum Dental CAD/CAM system 장비를 이용해서 10개의 코어를 만들었다.

2. 실험방법

1) 모형 제작 및 wax pattern

시편의 모형은 각도가 6도, 상부의 지름이 3.3mm, 하부의 지름이 6.5mm이며 길이가 7.0mm인 원통형의 모형의 시편을 제작하고 고무인상재(GC Co.)로 동일한 6개의 인상체를 채득하여 각 10개씩 30개의 작업 모형을 얻었다. 작업 모형은 Ditching을 하지 않아도 되게 제작하였으며 석고 다이에 Die spacer(Nice Fit; Shofu Dental co, Menlo park, California, USA)를 변연부에서 1mm 상방으로 3회 도포하여 시멘트를 위한 공간을 마련하고, 변연부 하방으로는 Die hardener(Stone die & plaster hardenerresin; George Taub Products Fusion Co,

Inc, USA)를 도포하였다. Wax-up은 Dipping법을 사용한 후 마진상방 1mm를 잘라 마진Wax를 이용하여 다시 형성하였다. 또한 지르코니아(ZrO₂) 세라믹코어는 Wax-up을 이용한 코어와의 조건을 동일하게 부여하기 위해 지르코니아(ZrO₂) 세라믹코어 내부에 시멘트 공간으로 40µm의 간격을 부여하였다.

2) 코어 제작

Casting을 이용한 금속-도재용 합금의 코어 제작은 시편에 Die spacer(Nice Fit; Shofu Dental co, Menlo park, California, USA)를 변연부에서 1mm상방으로 3회 도포하여 시멘트를 위한 공간을 마련하고, Wax-up은 Dipping법을 사용하여 일률적인 1mm정도의 두께를 부여하고 마진상방 1mm를 잘라 마진Wax를 이용하여 다시 형성하였다. 주입선은 10gauge round wax를 사용하였으며 통법에 의해 매몰, 소환, 주조를 행하였다. 주조기는 Kerr사의 원심주조기를 사용하였으며 회전 Arm을 4회 rewinding하여 주조하였다.

Pressing을 이용한 코어인 IPS - Empress는 시편에 Die spacer(Nice Fit; Shofu Dental co, Menlo park, California, USA)를 변연부에서 1mm상방으로 3회 도포하여 시멘트를 위한 공간을 마련하고, Wax-up은 Dipping법을 사용하여 일률적인 1mm정도의 두께를 부여하고 마진상방 1mm를 잘라 마진Wax를 이용하여 다시

형성하였다. Ivoclar 제조사의 지시에 맞게 spruing, 매물, 소환 후 E-max ingot 100을 사용하여 Ivoclar-Programat EP3000으로 pressing 하였다.

CAD/CAM을 이용한 지르코니아(ZrO₂) 세라믹코어는 시편에 Die spacer를 바르지 않고 모델을 스캔하여 Arum Dental CAD/CAM system 장비의 프로그램을 사용하여 코어 내부의 시멘트 공간으로 40 μ m을 부여하여 지르코니아(ZrO₂) 블록을 깎고 소성해서 코어를 만들었다.

3) 코어의 다듬질과 적합

첫째로 casting을 이용한 금속-도재용 합금은 코어의 내외면에 잔류하고 있는 매물재와 산화막을 제거하기 위해 Alumina sand(50 μ m)를 이용하여 3bar정도로 sandblasting을 하고 내면의 적합을 위하여 기포 등을 제거하였다. finishing이 끝난 후 시멘트(RelyX Luting; 3M ESPE Co, USA)를 이용하여 모형과 적합을 시켰다.

두 번째 pressing을 이용한 코어는 내외면에 잔류하고 있는 매물재를 제거하기 위해 50 μ m의 glassbead(Shofu Co., Japan)를 이용하여 penblaster로 매물재를 제거하였다. 제거한 모형을 Invex-liquid에 10분간 담가 여분의 매물재를 제거 후 기포 등을 제거하여 적합을 확인하였다. finishing이 끝난 후 시멘트(RelyX Luting; 3M ESPE Co, USA)를 이용하여 모형과 접합을 시켰다.

셋째로 CAD/CAM을 이용한 지르코니아(ZrO₂) 세라믹 코어는 Arum Dental CAD/CAM system장비를 이용해서 주모형을 스캔한 후 밀링, treatment, 소결하여 적합을 본 후 Alumina sand(50 μ m)를 이용하여 2bar 정도로 표면 처리를 하였다. finishing이 끝난 후 시멘트(RelyX

Luting; 3M ESPE Co, USA)를 이용하여 모형과 적합을 시켰다.

4) 변연간격의 측정

수복물의 적합도에 관한 측정 기준에 대한 정의는 여러 연구에서 각기 다르지만, Holmes 등은 지대치의 측면에서부터 수복물의 내면까지의 수직 거리를 내부 간격(internal gap) 특히 변연부에서의 이 거리를 변연 간격(marginal gap)이라고 정의하였다(Holmes JR 등 1989). 변연 적합도를 계측하는 방법에 대해서는 Sorensen은 직접 관찰하는 방법, 절단 후 관찰하는 방법, 인상 채득으로 평가하는 방법, 탐침으로 평가하는 방법 등을 제시하였다(Sorensen JA 1990). 이번 연구에서는 변연을 현미경으로 직접 보는 방법으로 반복 측정이 가능하고 측정 부위를 늘릴 수 있는 장점이 있다(Moon BH 등 1998).

Metal-ceramic alloy1, IPS - Empress1, Zirconia 세라믹 코어를 제작하여 각각의 die에 적합한 상태(Fig. 1)에서 마진이 접합도가 가장 좋은 한 부분을 선택하여 광학 Image analyzer(Axio Imager, Alm, Zeiss co, Oberkochen, Germany)를 이용하여 100배의 배율로 관찰(Fig. 2)하였다. Image analyzer에 연결된 카메라를 이용하여 확대된 변연부 형상을 얻었고, 절대변연 오차를 계측하였다. 선택된 부분에서 각각 3point를 측정하였으므로 각 시편당 측정점은 총 3point이며 메탈코어 10개에서 30point, IPS - Empress코어 10개에서 30point, 지르코니아(ZrO₂) 세라믹코어 10개에서 30point를 각각의 평균치를 내어 마진의 적합도의 순위와 보철물로써의 적합성 정도를 알아보았다.

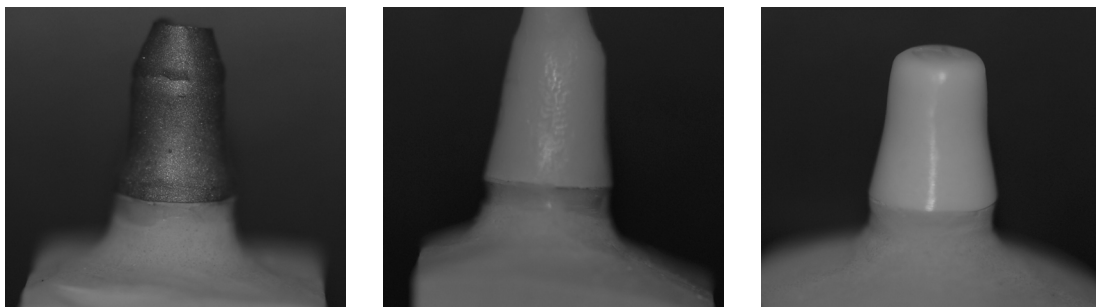


Fig. 1. Adaptation of cores: (Metal-ceramic alloy1, IPS - Empress1, Zirconia1)

치과보철물 제작에 사용되는 금속-도재용 합금, IPS - Empress, 지르코니아(ZrO₂) 세라믹의 변연적합도에 관한 비교평가

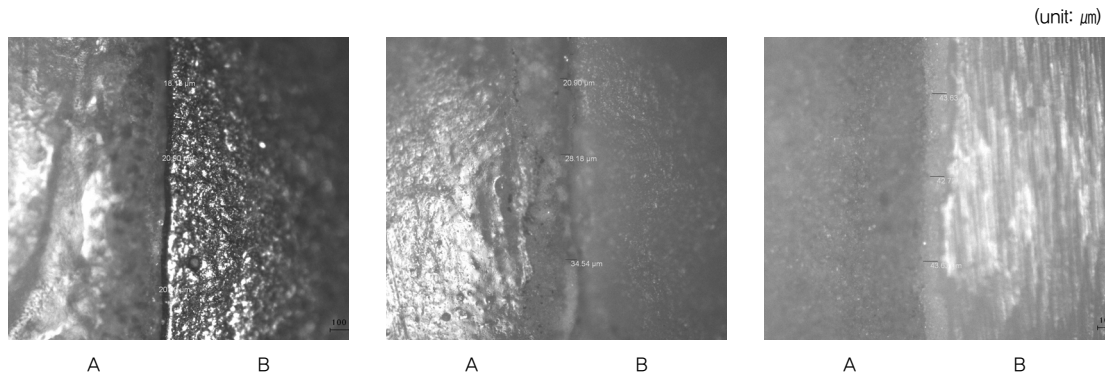


Fig. 2. Observation of marginal discrepancy using microscope (magnification ×100): (Metal-ceramic alloy1, IPS - Empress1, Zirconia1). A, die; B, core

5) 통계처리

통계처리 SPSS v14 을 사용하였으며 각 군에 따른 코어의 변연 적합도의 평균과 표준편차를 구하였으며 신뢰구간 95% 수준으로 One-way ANOVA를 이용하여 유의차를 알아보았다. 사후검정으로는 Scheffe 방법을 사용하였다.

Ⅲ. 결 과

각 군에서 변연적합도를 측정한 결과 변연 간격의 평균과 표준편차는 금속-도재용 합금 코어에서 29.91 ±11.93

μm, IPS - Empress 코어에서 33.45 ±8.61μm, 지르코니아(ZrO₂) 세라믹코어에서 31.55 ±9.85μm(Table 2)로 변연의 적합도의 순위는 금속-도재용 합금, 지르코니아(ZrO₂) 그리고 IPS - Empress의 순서(A-C-B)로 나타났다. 이들 각 군 간에 비교를 위해 one-way ANOVA test를 시행한 결과(Table 3) 통계학적으로 각 군 간의 유의한 차이가 존재하지 않았다. 이를 검정하기 위해 사후분석 방법으로 Scheffe test(95% 신뢰수준)를 시행한 결과(Table 4) p<0.05의 범위에 있으므로 사후검정 결과 각 세 군 간의 통계학적인 유의한 차이가 없다는 결과가 나왔다. 이는 전부도재관 재료로써 IPS - Empress나 지르코니아(ZrO₂)의 사용에 문제가 없음을 보여주고 있다.

Table 2. Descriptive statistics of marginal gap

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence interval for mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
A	10	29.91	11.93	3.77	21.38	38.45	17.27	46.07
B	10	33.45	8.61	2.72	27.29	27.29	21.21	46.66
C	10	31.55	9.85	3.11	24.51	24.51	15.15	43.33
Total	30	31.64	9.97	1.82	27.91	35.36	15.15	46.66

Table 3. One-way ANOVA test

	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Sig.
Between Group	62.91	2.00	31.45	0.30	0.74
Within Group	2820.94	27.00	104.48		
Total	2883.85	29.00			

Table 4. Multiple comparisons Dependent variable: VAR00002 (Scheffe)

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference(I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence interval for mean	
					Lower Bound	Upper Bound
A	B	-3.54	4.57	0.74	-15.38	8.30
	C	-1.64	4.57	0.94	-13.48	10.20
B	A	3.54	4.57	0.74	-8.30	15.38
	C	1.91	4.57	0.92	-9.93	13.75
C	A	1.64	4.57	0.94	-10.20	13.48
	B	-1.91	4.57	0.92	-13.75	9.93

*: The mean difference is significant at the .05 level.
 A: Metal-ceramic alloy B: IPS - Empress C: Zirconia(ZrO2) Ceramic

각 군에서 변연적합도를 측정된 결과 변연 간격의 평균과 표준편차는 금속-도재용 합금 코어에서 $29.91 \pm 11.93\mu\text{m}$, IPS - Empress 코어에서 $33.45 \pm 8.61\mu\text{m}$, 지르코니아(ZrO2) 세라믹코어에서 $31.55 \pm 9.85\mu\text{m}$ (Table 2)로 변연의 적합도의 순위는 금속-도재용 합금, 지르코니아(ZrO2) 그리고 IPS - Empress의 순서(A-C-B)로 나타났다. 이들 각 군 간에 비교를 위해 one-way ANOVA test를 시행한 결과(Table 3) 통계학적으로 각 군 간의 유의한 차이가 존재하지 않았다. 이를 검정하기 위해 사후분석 방법으로 Scheffe test(95% 신뢰수준)를 시행한 결과(Table 4) $p < 0.05$ 의 범위에 있으므로 사후검정 결과 각 세 군 간의 통계학적인 유의한 차이가 없다는 결과가 나왔다. 이는 전부도재관 재료로써 IPS - Empress나 지르코니아(ZrO2)의 사용에 문제가 없음을 보여주고 있다.

IV. 고 찰

보철물 변연의 적합도를 측정하여 수복물에 대한 기능적이며 심미적인 재료로서의 우수성에 대하여 비교하고자 하였다.

인공치관의 변연적합도가 좋을수록 이차적인 치아 우식 증과 변연 주위의 치태 축적에 의한 치주염 발생을 방지할 수 있다. 따라서 좀 더 효율적인 임상적 적용을 위해서는 변연적합도에 대한 비교 평가가 선행되어야 하고, 그 평가기준이 개연성을 갖기 위해서는 위의 측정방법에서 언급하였듯이 Holmes 등의 변연간격의 정의를 바탕으로

한 수복물의 적합도에 관한 측정 기준을 정의하고, 변연적합도를 측정하는 방법은 Sorensen이 직접 관찰하는 방법, 절단 후 관찰하는 방법, 인상 채득으로 평가하는 방법, 탐침으로 평가하는 방법(Sorensen, 1990)등을 제시하여 그 중에서 변연을 현미경으로 직접 보는 방법을 선택하여 반복 측정이 가능하고 측정 부위를 늘릴 수 있는 장점을 살려 측정하였다.

또한 변연측정점의 개수에 대해서 Gassino 등은 변연 간격분석을 위한 최소 측정 회수는 18회라고 하였고(Gassino 등, 2004), Groten 등은 변연을 따라 약 50회 이상 측정할 경우, 임상적으로 적절한 정보를 얻을 수 있으며, 무작위로 변연 위치를 선택하나, $500\mu\text{m}$ 간격으로 변연 위치를 선택하나에 관계없이 일관적인 값을 갖는다고 하였으나(Groten 등, 2000) 본 연구에서는 보다 마진이 접합도가 가장 우수한 부분을 선택하여 측정이 가능한 최적의 위치에서 한 코어당 3point를 설정하여 변연적합도를 평가하였다.

본 연구에서 결과를 얻기 위해 이용한 시스템 모두 기능적인 안정성과 심미적인 수복물을 만들수 있지만 결과에서 보았듯이 변연의 적합도의 순위가 금속-도재용 합금, 지르코니아(ZrO2) 그리고 IPS - Empress의 순서(A-C-B) 근소하게 차이가 난 것은 실험과정에서의 문제점 즉 시편과 수복물을 만드는 기공과정에서의 문제점, 접촉시의 압력, 시멘트의 종류 및 사용방법의 문제점 등이 영향을 줄 수 있었던 것으로 사료된다. 실험과정에서 좀 더 섬세하게 재료와 장비등을 다루었다면 근소한 차이들이 더 줄었을 것이다.

V. 결 론

치과보철물의 기능과 심미에 대한 관심이 높아지면서 환자는 더 심미적이고 기능적이면서 비용을 절감할 수 있는 치과 수복물을 요구하고 있다. 그러므로 현재 이를 위한 많은 변화와 발전 속에서 많이 사용되어지고 있는 세 가지의 시스템에 대해서 변연부 정밀도 측정을 하여 임상적용을 위한 실험을 하였으며 본연구의 결과는 다음과 같다.

1. 각 군에서 각각의 변연부의 간격의 평균은 금속-도재용 합금 코어는 29.91 μ m, 지르코니아(ZrO₂) 세라믹코어는 31.55 μ m, IPS - Empress는 33.45 μ m 순서로 근소한 차이를 보였다.
2. Scheffe test(95% 신뢰수준)를 시행한 결과 유의수준이 p<0.05의 범위에 있으므로 사후검정 결과 통계학적인 유의차이가 없었다.

본 연구에서는 위의 어떤 시스템을 사용하여도 변연적합에 문제가 없음을 나타냈으므로 술자는 환자에게 맞는 더 심미적이고 기능적이면서 비용을 절감할 수 있는 시스템을 선택함으로써 경제적 효용가치를 높일 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

관교의치기공학교육연구회. 관교의치기공학. 개정판, 대학서림, 46, 2002.

고영학, 정중현. 치과용 세라믹 소재 개발동향. 제44차(자)대한치과기재협의회 종합학술대 및 치기공기자재 전시회지, 37, 2008.

배지명, 김정남. 치과용 비귀금속 합금의 열처리에 따른 미세조직 및 기계적 성질의 변화. 대한치과기재학회지, 29, 4, 2002.

이인규, 최운재. 치과보철물 제작에 사용되는 Nickel-Chromium계 합금의 치경부 변연에 관한 적합성. 대한치과기공학회지, 13, 1, 1991.

허중보, 박청길, 김하영, 박찬경, 신상완 수종의 CAD/

CAM 시스템으로 제작한 지르코니아 코어에서 Replica Technique을 이용한 변연 및 내면 적합도 평가. 대한치과보철학회지, 48권, 2호, 135, 25-29, 2010.

Andersson M, Razzoog ME, Odén A, Hegenbarth EA, Lang BR. Procera: a new way to achieve an all-ceramic crown. Quintessence Int, 29, 285-96, 1998

Anusavice KJ, Okabe T, Galloway SE. Flexure test evaluation of presoldered base metal alloys. J Prosthet Dent, 54, 507-517, 1985.

Anusavice KJ, Shafagh I. Inert gas presoldering of nickel-chromium alloys. J Pros Dent, 55, 317-323, 1986.

Baran GR. The metallurgy of Ni-Cr alloys for fixedprosthodontics. J Pros Dent, 50, 639, 1983.

Boening KW, Wolf BH, Schmidt AE, K'astver K, Walter MH. Clinical fit of Procera Allceram crowns. J Prosthet Dent, 84, 419-24, 2000.

Gassino G, Barone Monfrin S, Scanu M, Spina G, Preti G. Marginal adaptation of fixed prosthodontics: a new in vitro 360-degree external examination procedure. Int J Prosthodont, 17, 218-23, 2004.

Groten M, Axmann D, Pro`bster L, Weber H. Determination of the minimum number of marginal gap measurements required for practicalin-vitro testing. J Prosthet Dent, 83, 40-9, 2000.

Fradeani M Aquilano A. Clinical experience with Empress crowns. Int J Prosthodont, 10(3), 241-7, 1997.

Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. J Prosthet Dent, 62, 405-8, 1989.

Moon BH, Yang JH, Lee SH, Chung HY. A study on the marginal fit of all-ceramic crown using

- ccd camera. *J Korean Acad Prosthodont*, 36, 273-92, 1998.
- Preston JD, Berger R. Laboratory variables affectingceramometal alloys. *Dent Clin North Am*, 21, 717, 1977.
- Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc*, 128 (7), 818, 1997.
- Seghi PR, Sorensen JA. Relative flexural strength of six new ceramic materials. *Int J Prosthodont*, 8, 239-46, 1995.
- Sorensen JA. A standardized method for determination of crown margin fidelity. *J Prosthet Dent*, 64, 18-24, 1990.
- Sturdevant JR, Bayne SC, Heymann HO. Margin gap size of ceramic inlays using second-generation CAD/CAM equipment. *J Esthet Dent*, 11, 206-14, 1999.
- Weiss PA. New design parameters: Utilizing theproperties of Ni-Cr super alloys. *Dent Clin North Am*, 21, 749, 1977.