

전기성형법을 이용한 치과용 금속-도재관의 소성에 따른 물성 변화가 변연 간격에 미치는 영향

Effects of Property Transformation and Marginal Gap Depending on Heat-Treatment of
Metal-Porcelain by Gold Electro-Forming System

김치영, 정인성, 최성민
부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과

Chi-Young Kim(cykim@cup.ac.kr), In-Sung Chung(ischung@cup.ac.kr),
Sung-Min Choi(smchoi@cup.ac.kr)

요약

본 연구에서는 전기성형법을 이용한 금속-도재관의치의 도재소성에 따른 물성변화와 변연간격을 측정하여 변연 적합도에 미치는 영향을 고찰하여 정밀성을 평가하고자 한다. 물성변화와 변연간격을 관찰하기 위하여 물성 관찰시편은 소성 횟수를 고려하여 소성을 0회(HC), 1회(H1), 2회(H2), 3회(H3) 실시한 군으로 분류하였으며, 변연간격 관찰시편은 전용결합재 처리 군(FS), 전용결합재와 opaque 처리 군(FO), 전용결합재와 opaque와 body를 처리한 군(FB) 그리고 소성이 없는 군(FC)으로 분류하였다. 물성 관찰시편의 미소경도 관찰결과 대조군(HC)에 비하여 시험군(H1, H2, H3)의 경도가 감소하는 것을 관찰 할 수 있었다($p < 0.05$). 그리고 변연간격 관찰결과 GES 금속-도재관의 제작과정 중 발생하는 도재의 소성 횟수가 변연부에는 영향을 주지 않는 것을 관찰할 수 있었다($p > 0.05$).본 연구를 종합하여 분석한 결과 소성과정에서 열에 의한 연화열처리 효과로 경도감소가 발생하지만 변연간격에는 영향을 미치지 않은 결과를 얻어 GES 금속-도재관의 제작과정에서 도재소성으로 인한 변연 적합도 변화는 없으며 정밀도에도 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

■ 중심어 : | 전기성형법 | 금속-도재관 | 변연적합성 |

Abstract

The objective of this paper is to study on the property transformation for materials and to evaluate the precision through marginal gap depending on heat-treatment of metal-porcelain by the gold electro-forming system. Specimens for evaluating property of hardness treat non-treat(HC), once(H1), twice(H2), and three times(H3) by heating, respectively. Specimens for marginal gap classified as each groups of special bonder(FS), special bonder, opaque(FO), special bonder, opaque, body(FB) and non-treatment(FC). As a result for micro-hardness test, the level of hardness on each groups of H1, H2, H3 decreased rather than HC group($p < 0.05$). In addition, marginal gap was not affected by the number of times being treated by heating. Therefore, the marginal fitness and the precision for mterials were not affected by the heat-treatment on the process to make GES metal-porcelain.

■ keyword : | Gold Electro Forming System | Porcelain Fused Gold Crown | Marginal Fit |

* 본 연구는 2008년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음.

접수번호 : #100401-003

접수일자 : 2010년 04월 01일

심사완료일 : 2010년 06월 01일

교신저자 : 최성민, e-mail : smchoi@cup.ac.kr

I. 서론

기능성과 심미성 그리고 정밀성이 요구되는 치과보철은 최근에는 소득수준의 증가와 함께 심미성이 강조되어 금속-세라믹 또는 세라믹을 이용한 금속-도재관과 전부도재관의치가 널리 사용되고 있다. 금속-도재관은 인상체를 이용하여 작업모형을 제작하고 납형 조각 후 납형을 매몰하여 lost wax법으로 주형을 만들어 주조를 통하여 하부구조의 주조체를 제작한다. 제작된 주조체는 표면가공 및 표면처리 후 도재를 축성한 후 소성을 통하여 제작하는 방법을 통상적으로 이용하고 있다. 이러한 방법은 술자의 숙련도에 의하여 보철의 정밀성이 결정되며 제작과정에 따른 오차가 발생할 수 있다. 제작과정의 오차는 보철의 정밀성이 떨어지며 변연 적합도 또한 영향을 미치게 된다.

보철의 변연 적합도는 보철물의 성공여부를 결정짓는 중요한 요인 중 하나이다 [1]. 보철의 적합성 증진을 위해서는 적절한 합착재 공간이 필요하며 [2], 이러한 공간은 합착과정 중 초기단계에서 hydraulic pressure를 감소시키며 최소한의 마찰 저항으로 시멘트의 분배 효과를 증진시켜 보철물의 완전한 장착을 가능하게 한다 [3-5]. 또한 합착재 공간이 너무 클 경우는 지대치 형태에 의한 유지력은 획득하기가 힘들고 시멘트 자체에 의해 유지력이 생기므로 장기적인 안정성에 문제가 발생할 수 있고 보철물의 장착 시 방향성을 상실 할 수 있으며 [6][7], 보철물의 과절강도 감소의 우려가 있다[5]. 공간이 적을 경우는 보철물이 불완전하게 장착되거나 유지력이 떨어질 수 있다 [8]. 제작 과정의 오차로 인하여 변연 적합도가 불량하면 보철 장착 후 미세누출이 많이 생기며 [9], 미세누출은 치아우식증이나 치주염 등을 일으키기도 한다[10]. 그리고 최근 임플란트 보철에서도 보철 장착 후 발생하는 기계적인 합병증은 임플란트의 기계적인 구조와 보철과 임플란트 구조간의 적합도가 부적당한 경우라고 보고되었다[11].

각종 치과 보철물의 제작 오차에 따른 정밀도 저하 문제의 보완을 위하여 개발된 수종의 대표적인 제작방법으로 금속의 전기적인 침착방법을 이용한 전기성형법 (Gold Electro-forming System, GES)과 3차원 이미지

를 이용하여 정밀 가공하는 CAD/CAM system, 그리고 보철제작 후 적합부를 고전압의 방전을 이용하여 가공하는 방전가공 등을 들 수 있다[12-15]. 이러한 제작 방법 중 전기성형법은 사용방법이 간단하며 제작단계의 단순화로 제어 할 수 없는 오차들이 적어지며, 특별한 숙련 없이도 누구나 우수한 변연 적합성을 갖는 보철물을 만들어 낼 수 있다는 장점을 가진다[16].

전기성형법은 생체친화적인 금(Au)을 소재로 사용하며 Au 전해액을 전기적인 특성을 이용하여 전기침착하는 원리이다. Au을 이용한 전기성형법은 변연의 정밀도가 우수하며, 얇고 균일한 두께조절로 치아 삭제량과 opaque의 두께를 감소시킬 수 있으며 제작과정의 시간을 절약하여 보철 제작능력을 향상시킨다고 보고되었다[16]. 전기성형법을 이용하여 제작한 치과 보철은 주조법으로 제작된 보철에서 나타나는 단점인 매몰과정에서의 납형의 팽창과 수축, 금속의 응고 및 열수축, 주조체의 내부기포와 균열, 잔존내부응력에 의한 변형 등의 염려가 없어 심미성과 적합도가 우수하다[17]. 전기성형법을 이용한 금속-도재관 제작방법은 치형에 전기성형법으로 하부구조인 금속관을 제작하고 금속관에 단계별로 상부구조인 도재를 축성 후 소성하여 완성한다. 그러나 전기성형법의 개발초기에 Au소재의 전기성형법으로 제작된 하부구조의 금속관은 도재소성과정에서 발생하는 열에 의하여 물성의 변화가 발생하는 것으로 보고되었으며[18], 최근에도 하부구조의 소재인 Au의 금속학적 특성상 소성 시 발생하는 열에 의하여 경도변화가 발생한다고 보고되었다[19].

치과보철의 정밀성은 보철치료의 중요한 요소로 전기성형법을 이용한 금속-도재관의 정밀성에 관한 평가가 요구되어진다. 이에 본 연구에서는 전기성형법을 이용한 금속-도재관의 제작과정에서 단계별 도재소성에 따른 하부구조의 물성변화와 변연간격을 측정하여 하부구조의 물성변화가 변연 적합도에 미치는 영향을 고찰하여 전기성형법을 이용한 금속-도재관의 정밀성을 평가하고자 한다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 시편 준비

1.1 소재

전기성형법을 이용한 금속-도재관 제작 시 소성에 따른 물성변화와 변연간격을 관찰하기 위하여 사용된 시편은 Au(99.97 wt%)의 전해액을 전기성형법을 실시하여 Au(90.05 wt%)가 주성분인 고품화된 Au합금을 소재로 사용하였다.

표 1. 시편의 구성성분

분류	성분 (wt%)					
GES 전해액	Au		etc.		Total	
	99.97		0.03		100	
GES 고품체	Au	Na	Al	K	etc.	Total
	90.05	0.33	1.39	0.25	7.97	100

1.2 시편 분류

전기성형법을 이용한 금속-도재관 제작 시 소성에 따른 물성변화와 변연간격을 관찰하기 위하여 시편은 물성 관찰시편과 변연간격 관찰시편으로 분류하여 제작하였다. 물성 관찰시편은 금속-도재관 제작 시 이루어지는 소성 횟수에 따라 1회 소성(H1), 2회 소성(H2), 3회 소성(H3) 한 군과 소성을 실시하지 않은 군(HC)으로 분류하여 제작하였다. 변연간격 관찰시편은 하부구조를 제작하여 도재축성단계에 따라 전용결합재 처리 후 소성한 군(FS)과 전용결합재 소성 후 opaque를 처리하여 소성한 군(FO)과 전용결합재 소성과 opaque 소성 후 body를 축성하여 소성한 군(FB) 그리고 소성을 하지 않은 군(FC)으로 분류하였다.

표 2. 시편 분류

분류	표기	설명	N
물성 관찰 시편	HC	소성 없음	10
	H1	1회 소성	10
	H2	2회 소성	10
	H3	3회 소성	10
	FC	소성 없음	10
변연 간격 관찰 시편	FS	전용결합재 소성	10
	FO	전용결합재 소성 +opaque 소성	10
	FB	전용결합재 소성 +opaque 소성 +body 소성	10

1.3 시편 제작

시편 분류에 따라 물성 관찰시편과 변연간격 관찰시편을 제작하였다. 물성 관찰시편은 직경 0.8mm, 두께 0.3mm의 원판형태로 전기성형장치(Gammat Free, Gramm Technik, Germany)를 이용하여 제조사의 제작방법에 따라 제작하였다. 준비된 원판형태의 시편은 도재소성로(Porcelain Furnace)을 이용하여 대기분위기의 상온(27°C)에서 시작하여 분당 약 16°C로 950°C까지 온도를 상승하여 소성하고 60분간 로에서 서냉하는 방법으로 시편분류의 소성 횟수에 따라 1회(H1), 2회(H2), 3회(H3)를 실시한 군과 소성을 실시하지 않은 군(HC)을 물성 관찰시편으로 제작하였다.

변연간격 관찰시편은 시험의 정밀성과 규격화를 위하여 치과용 임플란트의 기공용 치형(Lab. analog)을 사용하였으며, 기공용 치형에 전기성형장치를 이용하여 두께 0.3mm의 GES금속관을 제작하였다. 준비된 GES금속관인 하부구조에 시편의 분류에 따라 전용 결합재(Galvanobonder, Gramm Technik, Germany)를 도포하고 실온에서 30분 동안 건조 후 도재소성로(Porcelain Furnace)을 이용하여 대기분위기의 상온(약 27°C)에서 시작하여 분당 약 16°C로 950°C까지 온도를 상승하여 소성하고 60분간 로에서 서냉하는 방법으로 FS시편을 제작하고 전용 결합재를 소성 후 opaque를 도포 후 동일한 방법으로 소성하여 FO시편을 제작하였으며, 전용 결합재와 opaque를 소성 후 body를 축성하여 동일한 방법으로 소성하여 FB시편을 제작하였다. 그리고 대조군으로 소성을 하지 않은 FC시편을 제작하여 변연간격 관찰시편을 제작하였다.

2. 시험 방법

2.1 물성 관찰시험

전기성형법을 이용한 금속관의 소성 시 발생하는 물성을 관찰하기 위하여 물성 관찰시편을 이용하여 미소경도를 측정하였다. 경도측정을 위하여 물성 관찰시편을 고정 후 경면연마기(Phoenix Beta Grinder / Polisher, BUHLER, USA)를 이용하여 연마를 실시하고 미소경도측정기(Miro Vicker's hardness test, Future-Tech Co. Tokyo, Japan)를 사용하였으며, test load 100gf, dwell time 15sec 조건으로 경도를 10회 측

정하였다.

2.2 변연적합도 관찰 시험

전기성형법을 이용한 GES금속관의 소성 시 발생하는 물성의 변화에 따른 변연간격 변화 관찰을 위하여 시편을 고정하였다. 시편고정은 변연간격 관찰시편을 기공용 치형에 장착 후 직경 30mm의 원통형 dish에 시편을 세워두고 물계 혼합한 레진(Pattern resin, GC, Japan)을 흘려서 주입하여 실온에서 경화하는 방법으로 고정(molding)을 실시하였다. 고정된 시편은 저속절단기(BUHLER, USA)를 이용하여 200rpm의 속도로 중앙부의 단면을 절단을 실시하고 단면부는 경면연마기(Phoenix Beta Grinder / Polisher, BUHLER, USA)를 이용하여 경면연마를 실시하였다. 변연간격 관찰은 백금 진처리 후 전자주사현미경(SEM, HITACHI S3500N, Japan)을 이용하여 시편의 단면의 변연부를 관찰하였다. 시편의 간격관찰은 변연관찰시편과 기공용 치형 간의 간격은 중단변연부(Finish Margin, FM)와 중앙변연부(Center Margin, CM) 그리고 교합변연부(Occlusion Margin, OM)를 측정하였다[그림 1].

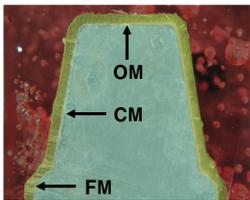


그림 1. 변연간격 관찰시편

3. 통계 분석

실험결과 자료는 $P < 0.05$ 유의수준으로 통계프로그램(SPSS Inc., ver 17.0k)을 이용하여 집단간의 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시 후 사후검정분석(Scheff)을 실시하였다.

III. 연구 결과

1. 물성 관찰 결과

전기성형법을 이용한 GES금속관의 소성에 의한 물성을 관찰하기 위하여 소성 횟수에 따라 제작된 물성관찰시편의 미소경도를 관찰한 결과 [그림 2]와 같이 측정되었다. HC시편은 $97.3(\pm 2.7)$ Hv, H1시편은 $46.8(\pm 1.9)$ Hv, H2시편은 $42.9(2.2)$ Hv, H3시편은 $46.4(\pm 2.5)$ Hv의 평균 경도값을 보였다. 결과를 이용하여 통계분석한 결과 HC시편이 H1시편, H2시편, H3시편과 통계적인 유의차($p < 0.05$)를 보이며 H2시편이 H1시편과 H3시편과 각각 유의차($p < 0.05$)를 보였다. 그 결과 소성을 실시하지 않은 HC시편의 경도가 가장 높으며 소성을 1회, 3회 실시한 H1시편과 H3시편은 유사한 결과를 보였으며 소성을 2회 실시한 H2시편이 다른 시편에 비하여 낮은 경도를 보였다.

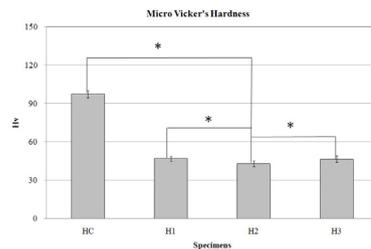


그림 2. 물성관찰 시편의 미소경도 측정 결과($p < 0.05$)

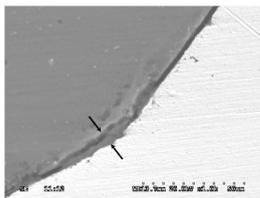
2. 변연간격 관찰 결과

전기성형법을 이용한 GES금속관에 도재 소성 시 발생하는 물성변화가 변연 적합도에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 제작된 변연간격 관찰시편의 중단변연부(FM)와 중앙변연부(CM) 그리고 교합변연부(OM)의 간격을 [그림 3]과 같이 관찰한 결과 [표 2]와 같이 측정되었다. FC시편의 중단변연부인 FM의 간격은 $11.0(\pm 1.5)\mu\text{m}$, 중앙변연부인 CM의 간격은 $4.0(\pm 1.1)\mu\text{m}$, 교합변연부인 OM의 간격은 $5.4(\pm 1.0)\mu\text{m}$ 가 측정되고, FS시편의 FM의 간격은 $11.6(\pm 1.5)\mu\text{m}$, CM의 간격은 $3.9(\pm 1.2)\mu\text{m}$, OM의 간격은 $5.7(\pm 1.3)\mu\text{m}$ 가 측정되었고, FO시편의 FM의 간격은 $12.5(\pm 1.5)\mu\text{m}$, CM의 간격은 $3.8(\pm 1.2)\mu\text{m}$, OM의 간격은 $5.8(\pm 1.3)\mu\text{m}$ 가 측정되었으며, 그리고 FB시편의 FM의 간격은 $12.2(\pm 1.1)\mu\text{m}$, CM의 간격은 $4.9(\pm 1.1)\mu\text{m}$, OM의 간격은 $6.8(\pm 1.3)\mu\text{m}$ 가 평균 간

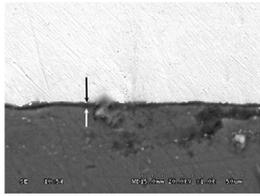
격으로 측정되었다.

표 2. 시편 분류

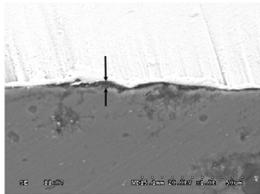
시편	변연부		
	간격 (평균, μm)		
	FM	CM	OM
FC	11.0(\pm 1.5)	4.0(\pm 1.1)	5.4(\pm 1.0)
FS	11.6(\pm 1.5)	3.9(\pm 1.2)	5.7(\pm 1.3)
FO	12.5(\pm 1.5)	3.8(\pm 1.2)	5.8(\pm 1.3)
FB	12.2(\pm 1.1)	4.9(\pm 1.1)	6.8(\pm 1.3)



a



b



c

그림 3. 변연 간격 측정 사진, a:중단변연부(FM), b:중앙변연부(CM), 교합변연부(OM)

측정결과를 이용한 시편들의 동일 변연부 간의 통계 분석결과 FM에서 시편들 간의 유의차($p > 0.05$)는 없었고 CM에서도 시편들 간의 유의차($p > 0.05$)는 없었으며 그리고 OM에서도 시편들 간의 유의차($p > 0.05$)는 없었다. 그리고 각 시편의 변연부 간의 통계결과 FC시편의 FM, CM, OM의 변연간격 모두 집단간 유의차($p < 0.05$)를 보였으며 FS시편과 FO시편 그리고 FB시편도 각 변

연부 간의 유의차($p < 0.05$)를 보였다. 그 결과 도재 소성에 따른 시편들의 동일 변연부 간의 간격차이는 없었으며 각 시편의 변연부 간의 간격차이는 중단변연부가 가장 넓은 간격을 보이며 교합변연부가 중앙변연부에 비하여 넓은 간격을 보였다.

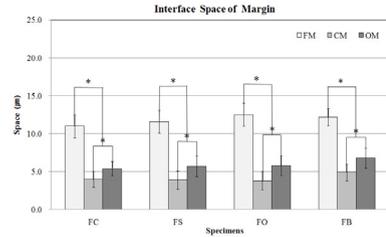


그림 4. 변연간격 관찰시편의 측정 결과($p < 0.05$)

IV. 논의 및 결론

GES 금속-도재관의 제작과정에서 단계별 도재소성에 따른 하부구조의 물성변화에 의한 GES 금속-도재관의 변연 적합도에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 하부구조의 경도변화와 변연간격을 측정하였다.

전기성형법을 이용한 GES금속관의 소성 시 발생하는 경도변화를 관찰하기 위하여 소성을 실시하지 않은 군을 대조군으로 하고 소성을 1회, 2회, 3회를 실시한 군을 시험군으로 하였다. 그 결과 대조군(97.3HV)에 비하여 소성을 횟수 별로 실시한 시험군(46.8HV, 42.9HV, 46.4HV)의 경도가 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 본 연구에 사용된 Au는 약 90wt%를 가지며 첨가 원소가 약 10wt%를 가지는 Au합금이다. Au는 합금화를 위하여 첨가되는 원소의 조성 또는 열처리를 통하여 금속상의 변태가 일어나 물리적, 기계적, 화학적 성질이 변화하게 된다[20]. Pure-Au의 경도는 25HV이며, 본 연구에 사용된 Au합금은 원소 첨가와 열처리 실시 후 물성변화를 통하여 pure-Au에 비하여 높은 경도를 가지는 것으로 판단된다.

물성 관찰시험에서 대조군과 시험군의 경도 차이는 전기성형법을 통하여 얻어진 Au 하부구조의 공간격자가 소성을 통하여 annealing이 발생 되어 경도의 감소

를 보이는 것으로 판단되며 이는 전기성형법으로 얻어진 석출물이 고순도의 Au이기 때문에 소성과정에서 연화열처리가 일어나 급격한 경도 감소가 발생한다는 보고와 같은 결과이다[20].

GES 금속-도재관의 변연간격 관찰을 위한 도재 소성에 따른 순서에 따라 도재축성 후 소성한 시편단면의 FM과 CM 그리고 OM의 간격을 측정하였다. 그 결과 대조군인 FC시편과 시험군인 FS시편, FO시편, FB시편의 동일 변연부 간의 분석에서 FM, CM, OM의 변연 모두 유의차($p>0.05$)가 없는 것으로 나타나 GES 금속-도재관의 제작과정 중 발생하는 도재의 소성 횟수가 변연부에는 영향을 주지 않는 것으로 판단된다. 그리고 대조군인 FC시편과 시험군인 FS시편, FO시편, FB시편 각각의 변연부 간의 분석에서 FM(평균 $11.8\mu\text{m}$), OM(평균 $5.9\mu\text{m}$) 그리고 CM(평균 $4.1\mu\text{m}$) 순으로 간격이 측정되었으며 각 시편들의 변연부 간에 유의차($p<0.05$)를 나타냈으나, 대조군과 시험군 모두에서 동일한 양상을 보여 전기성형법에 의하여 제작된 GES 금속-도재관에 발생하는 허용오차(allowable error)로 인한 간격으로 판단된다.

변연간격 관찰시험에서 측정된 간격은 약 $4\sim 12\mu\text{m}$ 로 치과보철이 변연접합을 얻기 위한 이론적 간격인 $25\sim 40\mu\text{m}$ 와[21] 임상적으로 치과보철물의 수명 고려 시 수용할 수 있는 범위인 $100\sim 200\mu\text{m}$ 에[3] 비하여 작은 간격이다. 이러한 변연간격은 치과보철이 치아에 결합 시 사용되는 합착재의 공간 확보를 위한 간격으로 합착재의 결합 시 $50\sim 100\mu\text{m}$ 가 적절하다는 보고와[22], 합착재의 공간을 위한 변연간격이 적절하게 확보되지 않으면 합착재의 hydraulic pressure로 인하여 변연간격을 증가시켜 보철의 정밀성과 성공여부에 영향을 미친다는 보고에서[23] 요구되는 변연간격에 비하여 작은 간격이나 모형작업 시 확장으로 보상할 수 있는 간격이다. 그리고 GES 금속-도재관의 변연 간격은 치과보철의 제작오차 보안을 위하여 개발된 CAD/CAM법을 이용한 알루미늄관의 변연간격 $76.5\mu\text{m}$ 와 방진가공을 이용한 타이타늄관의 변연간격이 $61\mu\text{m}$ 라는 보고들에 비하여 정밀한 것으로 판단된다[24][25].

본 연구를 종합하여 분석한 결과 GES 금속-도재관

하부구조인 Au소재 하부구조의 경도감소가 하부구조의 변형을 야기하여 변연 적합도에 영향을 줄 것으로 판단하였다. 소성과정에서 열에 의한 경도변화 관찰결과 대조군(97.3HV)의 경도에 비하여 시험군(46.8HV, 42.9HV, 46.4HV)의 경도감소가 발생하였으며, 소성과정에 의한 변연간격 관찰결과 대조군인 FC시편과 시험군인 FS시편, FO시편, FB시편 각각의 변연부 간 비교한 결과에서 FM(평균 $11.8\mu\text{m}$), OM(평균 $5.9\mu\text{m}$) 그리고 CM(평균 $4.1\mu\text{m}$) 순으로 간격이 측정되어 대조군과 시험군의 간격이 유사한 수치가 측정되었다. 소성과정의 열에 의하여 연화열처리 효과로 경도의 감소가 발생되지만 변연간격에는 영향을 미치지 않는 것으로 결과를 얻을 수 있었다. 이에 GES 금속-도재관의 제작과정에서 도재소성으로 인한 변연 적합도 변화는 없으며 정밀도에도 영향이 없는 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] E. D. Rekow, "High-technology innovations and limitations for restorative dentistry," Dent Clin North Am, Vol.37 No.3, pp.513-24, 1993.
- [2] H. S. Moon and J. J. Kim, "A Study on the physical Characteristics of the three commonly used die spacing materials," J Korean Acad of Prosthodont, Vol.37, No.3, pp.640-650, 1999.
- [3] C. J. Wang, P. L. Millstein, and D. Nathanson, "Effect of cement, cement space, marginal design, seating aid materials," J Prosthet Dent, Vol.67 No.6, pp.786-790, 1992.
- [4] C. Passon, R. H. Lambert, R. L. Lambert, and S. Newman, "The effect of multiple layers of die-spacer on crowns retention," Oper Dent, Vol.17, No.2, pp.42-49, 1992.
- [5] R. Grajower, Y. Zuberi, and I. Lewinstein, "Improving the fit of crowns with die spacers," J Prosthet Dent, Vol.61, No.5, pp.555-563, 1989.
- [6] S. H. Hung, K. S. Hung, J. D. Eick, and R. P.

- Chappell, "Marginal fit of porcelain-fused-to-metal and two type of ceramic crown," J Prosthet Dent, Vol.63, No.1 pp.26-31, 1990.
- [7] S. N. White and V. Kipnis, "The Three-dimensional effects of adjustment and cementation on crown seating," Int J Prosthodont, Vol.6, No.3, pp.248-254, 1993.
- [8] J. W. McLean and J. A. Von Fraunhofer, "The estimation of cement film thickness by an in vivo technique," Br Dent J, Vol.131, No.3, pp.107-111, 1971.
- [9] A. Lomanto and S. Weiner, "A comparative study of ceramic crown margins constructed using different technique," J Prosthet Dent, Vol.67, No.6, pp.773-777, 1992.
- [10] S. N. White, J. A. Sorensen, S. K. Kang, and A. A. Caputo, "Microleakage of new crown an fixed partial denture luting agents," J Prosthet Dent, Vol.67, No.2, pp.156-161, 1992.
- [11] 정선희, 마장선, 정재현, "경밀 연삭된 지대주와 합성수지 지대주를 이용한 보철물의 적합도에 대한 비교 연구", 대한치과보철학회지, Vol.37, No.6, pp.825-834, 1999.
- [12] D. B. Evan, "Correcting the fit of implant retained restorations by electric discharge machining," J Prosthet Dent, Vol.77, No.2, pp.212-215, 1997.
- [13] Y. Meada, M. Minoura, S. Tsutsumi, M. Okada, and T. Nokubi, "A CAD/CAM system for Removable denture. Part I: Fabrication of complete Denture," Int J Prosthodont, Vol.7 No.1, pp.17-21 1994.
- [14] S. Rinke, A. Huls, and L. Jahn, "Marginal accuracy and fracture strength of conventional and copy-milled all-ceramic crowns," Int J Prosthodont, Vol.8, No4, pp.303-310 1995.
- [15] F. Behrend. "Gold electroforming system: GES restorations," J Dent Technol, Vol.14, No.2, pp.31-37, 1997.
- [16] 유병일, "표면처리 방법에 따른 *electro forming gold*와 레진과의 전단결합강도", 전북대학교 대학원, 석사학위논문, p.3, 2006.
- [17] 신중우, "The art of electroforming Dentistry/ 고급 심미보철의 세계", 도서출판 참윤 publishing, pp.20-41, 2004.
- [18] A. J. Raigrodski, C. Malcamp, and W. A. Rogers, "Electroforming technique," J Dent technol, Vol.15, No.6, pp.13-16, 1998.
- [19] 박해광, "전기성형법 적용 도재관의 표면특성 및 결합력에 관한 연구", 부산가톨릭대학교 보건과학대학원, 석사학위논문, p.33, 2008.
- [20] 정명희 "치과주조용 제3형 금합금의 열처리에 따른 경도 및 미세조직", 조선대학교 대학원, 석사학위논문, p.1, 2006.
- [21] K. W. Boening, B. H. Wolf, A. E. Schmidt, K. Kastner, and M. H. Walter, "Clinical fit of Procera Allceram Crowns," J Prosthet Dent, Vol.84, No.4, pp.419-424, 2000.
- [22] M. K. Molin, S. L. Karlsson, and M. S. Kristiansen, "Influence of film thickness on joint bend strength of a ceramic/resin composite joint," Dent Mater, Vol.12, No.4, pp.245-249, 1996.
- [23] F. M. Gardener, "Marginal of complete crowns- Literature review," J Prosthet Dent, Vol.48, No.4, pp.396-400, 1982.
- [24] D. K. Kim, I. H. Cho, J. H. Lim, and H. S. Lim, "On The marginal fidelity of all-ceramic core using CAD/CAM system," J Korea Acad of Prosthodont, Vol.41, No.1, pp.20-34, 2003.
- [25] S. Valderrama, N. Van Roekel, M. Andersson, C. J. Goodacre, and C. A. Munoz, "a comparison of the marginal and internal adaptation of titanium and gold-platinum-palladium metal ceramic crowns," Int J Prosthodont, Vol.8, No.1, pp.29-37, 1995.

저 자 소 개

김 치 영(Chi-Young Kim)

정회원



- 2005년 2월 인제대학교 대학원 의용공학과(공학박사)
 - 1985년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 교수
- <관심분야> : 의용생체재료, 치과금속재료

정 인 성(In-Sung Chung)

정회원



- 1999년 2월 : 부산대학교 대학원 무기재료공학과(공학박사)
 - 1981년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 교수
- <관심분야> : 치과재료, 의용재료, 생체재료, 무기재료

최 성 민(Sung-Min Choi)

정회원



- 2009년 8월 : 인제대학교 의용공학과(박사 수료)
 - 2008년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 조교수
- <관심분야> : 의용재료, 종양치료, 치과재료