

## 위상이동 형상측정법을 이용한 도재 소성시의 도재 수축률의 측정

경북대학교 치과대학 보철학교실

이 청 희

### I. 서 론

치과 보철치료에 사용되는 도재는 심미적인 이유와 우수한 생체적합성으로 인하여 전통적인 전부도재구조관 뿐만 아니라 완전 도재관, 라미네이트, 도재 인레이, 도재 온레이 등 다양하게 이용되고 있으며 또한 임플란트의 보철수복물으로도 널리 사용되고 있다.

그러나 도재는 재료적 특성에 의하여 소성하는 중에 상당한 수축 변화가 일어나게 되고, 이러한 수축을 보상하기 위하여 도재 기술자들은 도재를 충분히 과축성하여야 하며, 적절한 형태와 심미적인 도재관 제작을 위해서 고도의 기술을 갖추어야 한다. 또한 이러한 수축은 도재관에 있어서 변연의 변형을 일으켜 도재관의 완전한 장착을 방해할 수도 있다<sup>1)</sup>. 그러므로 소성 중에 일어나는 수축을 정확하게 측정하는 방법을 개발하고, 이를 이용하여 적절한 수축률을 가진 도재를 개발하는 노력이 필요하다고 하겠다.

도재의 수축률에 대한 연구와 발표가 계속되었는데, Phillips<sup>2)</sup>는 그의 저서에서 도재의 소성 수축률이 약 40% 정도에 이른다고 하였으며, Rasmussen 등<sup>3)</sup>은 도재의 수축을 줄이기 위한 최적의 도재 파편의 크기라는 연구에서 이러한 수축은 도재 입자들이 소결하여 서로서로 붙게 되면서 일어나는 현상으로 선상 수축과 체적의 변화로 나타낼 수 있는데 선상 수

축은 저온용 도재의 경우에 약 14%, 고온용 도재에서는 11.5%이며, 체적의 변화는 저온용 도재의 경우에서 32 - 37%, 고온용 도재에서는 28 - 34%라고 하였다. Rosenstiel<sup>4)</sup>은 도재종류와 조작방법에 따른 도재소부구조관의 선상 수축률에 대한 연구에서 수축률은 27 - 35% 범위이며 최대한 응축을 한 경우에서 수축률이 가장 적게 나왔고 높은 온도에서 소성한 경우에 가장 큰 수축률이 나왔으며 도재 종류와 응축에 따른 통계적 차이는 없다고 하였다. Esquivel 등<sup>5)</sup>은 타이타늄에서 저온용 도재의 물리적 성질이라는 연구에서 Duceratin, Procera, 및 Vita 도재를 이용한 실험에서 Procera 도재가 다른 도재보다 높은 14.74%의 선상 수축을 나타내며 이는 조작방법에 따른 차이가 하나의 원인일 것이라고 하였다. Lu와 Yang<sup>6)</sup>은 도재 변연의 형성에서 전통적인 변연용 도재를 사용하는 방법과 광중합 레진을 매개체로 이용한 방법을 비교하는 연구에서 레진을 이용하는 방법이 체적 수축률이 더 크다고 하였다. O'Brien 등<sup>7)</sup>은 상아질 도재와 불투명 도재를 동시에 측정할 경우에서의 도재 성질의 평가라는 연구에서 소성온도가 증가할수록 수축이 증가하며 1760°F(960°C)에서 13.1%의 선상 수축이 있으며 이 온도에서 완전히 소결된다고 하였다.

또한 응축은 다져진 도재로부터 습기를 제거함으로써 모세관 현상을 통하여 도재 분말이 서로 끌리

\* 이 연구는 1998년도 경북대학교병원 의학연구소 연구비의 지원으로 이루어 졌습.

게 하는 것으로 소성 수축을 감소시킨다고 알려져 있다. 그러나 수압 하에서 축성된 도재에서도 잔존 공간이 체적의 40% 이상을 차지하고 있기 때문에 응축 방법이 소성 수축에서 중요하지 않다는 주장도 있다<sup>4)</sup>.

이에 저자는 현재 임상에서 사용되고 있는 여러 제조사에서 제작된 다양한 도재의 수축률을 비교하고 응축이 수축률에 미치는 영향을 알아보기 위하여 위상이동 형상측정법<sup>8)</sup>을 사용하여 도재의 종류와 축성시 응축 유무에 따른 도재의 수축률을 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 위상이동 형상측정법의 사용

이 등<sup>8)</sup>의 실험에서 개발되어 사용되어진 위상이동 형상측정법을 사용하였다. 이 방법은 광학을 이용한 비접촉식 높이 측정법으로 임의적인 패턴의 광원을 측정물체에 조사하여 얻은 위상을 기초로 높이를 측정하는 방법으로서 소성되지 않은 도재를 측정할 수 있는 유리한 점이 있다.

### 2. 실험시편의 제작

베이스플레이트 왁스를 2.5cm×2cm의 크기로 자른 다음 통상적인 방법으로 매몰하여 도재소부용 비

귀금속 합금(Verabond, U.S.A.)으로 주조한 후, 주조된 시편의 한쪽 면을 평면이 되도록 하기 위하여 SiC 연마지 400번, 800번, 그리고 1000번을 순서대로 사용하여 연마하여 120개의 시편을 제작하였다.

시편을 6개의 군으로 분류하여 실험 I 군에서는 Ceramco dentin 도재를, 실험 II 군에서는 Creation dentin 도재를, 실험 III 군에서는 Creation margin 도재를, 실험 IV 군에서는 Vintage margin 도재를, 실험 V 군에서는 Vita dentin 도재를, 그리고 실험 VI 군에서는 Vintage dentin 도재를 사용하여 제작된 시편의 연마면에 약 86mm<sup>3</sup>의 작은 스푼으로 도재 분말을 올린 후 각각의 재료에 적합한 용액을 첨가한 다음 휴지를 사용하여 과도한 용액만을 제거한 군과 Ceramo-sonic(Sofu, Japan)을 사용하여 충분한 응축을 한 군으로 다시 분류하였다(Table 1).

### 3. 실험측정

제작된 각각의 시편을 먼저 위상이동 형상측정법을 사용하여 형상을 측정한다 다음(사진부도 1 & 2), 각 실험군의 재료에 알맞도록 프로그램된 도재용 소성로(Dekema, Germany)를 사용하여 각각의 시편을 소성한 후 변화된 시편의 형상을 다시 측정하였다(사진부도 3 & 4).

Table 1. The experimental porcelain powders and the firing schedules.

G	NO.	Condensation	Firing schedule
I a	10	non	C620T180T180.L9T180V9T070.C917V0T60C0L0T2C620
I b	10	done	same with above
II a	10	non	C580T120L1T60T180.L9V9T60T055.C920V0T60C0L0T2C580
II b	10	done	same with above
III a	10	non	C600T120L9V9T60T080.C950V0T60C0L0T2C580
III b	10	done	same with above
IV a	10	non	C650T180T180.L9V9T099.C950V0C0L0T2C650
IV b	10	done	same with above
V a	10	non	C600T120T180.L9Y60V9T055.C930V0T60C0L0T2C600
V b	10	done	same with above
VI a	10	non	C650T240T180.L9V9T099.C925V0C0L0T2C650
VI b	10	done	same with above

Table 2. Measured volumes before and after firing and shrinkage rates in each group.

G	before firing	after firing	shrinkage rate(%)
I a	66.55(±4.96)	36.91(±2.70)	44.52(±1.31)
I b	59.92(±4.06)	37.91(±3.90)	36.81(±3.40)
II a	82.23(±6.58)	48.26(±3.16)	41.22(±2.06)
II b	70.35(±4.27)	48.13(±2.04)	31.49(±1.95)
III a	77.07(±4.94)	48.18(±3.82)	37.54(±1.16)
III b	63.20(±3.70)	45.88(±2.41)	27.36(±1.85)
IV a	75.51(±4.83)	42.88(±3.39)	43.25(±1.73)
IV b	58.97(±2.44)	40.83(±2.41)	30.76(±2.92)
V a	68.56(±4.38)	40.46(±2.56)	40.96(±1.92)
V b	55.55(±3.45)	39.25(±2.58)	29.34(±1.86)
VI a	65.73(±2.46)	37.63(±2.55)	42.76(±3.00)
VI b	52.35(±3.84)	38.15(±4.52)	27.19(±5.70)

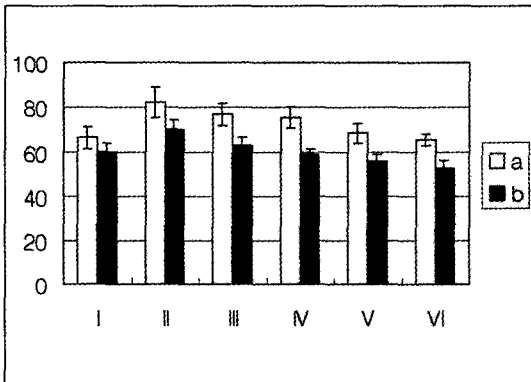


Fig. 1. Measured volumes in each group before firing(mm³).

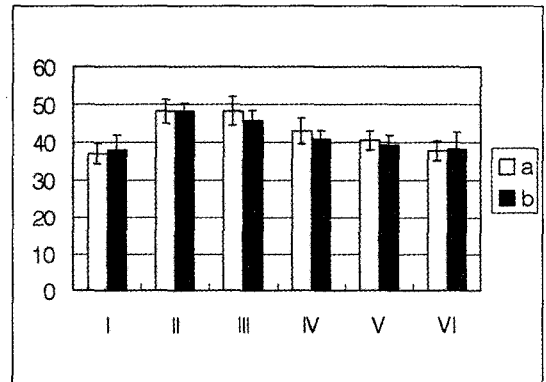


Fig. 2. Measured volumes in each group after firing(mm³).

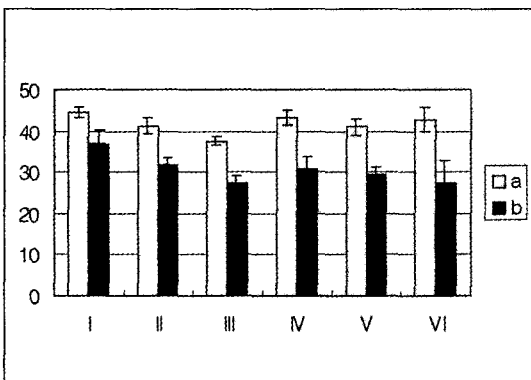


Fig. 3. Shrinkage rates in each group after the firing(%).

### III 연구 성적

실험군의 위상이동 형상측정법으로 측정된 각각의 형상을 체적으로 계산하였으며(사진부도 5 & 6), 얻어진 체적을 다음 공식을 사용하여

$$(V-V')/V \times 100$$

(V: 소성 전의 체적 V': 소성 후의 체적)

각각의 시편의 수축률을 측정하였다(Table 2 & Fig. 1, 2, & 3).

응축을 하지 않은 실험군들의 소성 전의 체적을 비교한 결과에서 실험 II a군의 체적이 가장 크게 나왔으며, 다음으로 실험 III a군, IV a군, V a군, I a군 그

Table 3. Comparison of volumes before firing in groups without condensation.

G	IIa	IIIa	IVa	Va	Ia	VIa
IIa						
IIIa	*					
IVa	*					
Va	*	*	*			
Ia	*	*	*			
VIa	*	*	*			

\* : significantly different (p<0.05)

Table 5. Shrinkage rates according to condensation before firing in each group.

G	shrinkage rate(%)
I	9.99
II	14.45
III	18.00
IV	21.90
V	18.98
VI	20.36

리고 VIa군의 순서로 나타났으며, 이러한 실험군 간 체적의 상관관계를 비교하기 위하여 Duncan's multiple range test를 하였다.

실험 IIa군이 실험 IIIa, IVa, Va, Ia, 및 VIa군보다 체적이 유의하게 크게 나타났으며, 실험 IIIa군과 IVa군은 실험 Va, Ia, 및 VIa군보다 유의하게 체적이 크게 나타났다(Table 3).

응축을 시행한 실험군 사이의 소성 전의 체적을 비교한 결과에서 실험 IIb군이 가장 크게 나타났고 그리고 실험 IIIb군, Ib군, IVb군, Vb군, 및 VIb군의 순서로 나타났으며 이들의 상관관계를 비교하기 위하여 Duncan's multiple range test를 한 결과에서 실험 IIb군은 실험 IIIb, Ib, IVb, Vb, 및 VIb군에 대하여 체적이 유의하게 크게 나타났고, 실험 IIIb군은 실험 Ib, IVb, Vb, 및 VIb군에 대하여 체적이 유의하게 크게 나타났으며, 실험 Ib군과 IVb군은 실험 Vb군과 VIb군에 대하여 유의한 차이를 보였다(Table 4).

같은 재료에서 응축의 효과를 알아보기 위하여 상호 t-test를 하였다. 소성 전 각각의 실험군에서 응축에 따른 체적의 변화를 같은 재료에서 비교하여 보

Table 4. Comparison of volumes before firing in groups with condensation.

G	IIb	IIIb	IVb	Vb	Ib	VIb
IIb						
IIIb	*					
Ib	*					
IVb	*	*				
Vb	*	*	*	*		
VIb	*	*	*	*		

\* : significantly different (p<0.05)

았을 때 모든 실험군에서 응축에 따른 체적의 변화를 같은 재료에서 비교하여 보았을 때 모든 실험군에서 응축에 따라 통계적으로 유의하게 체적이 감소하였으나(p<0.01), 소성후에 체적의 변화에서 응축에 따른 효과는 같은 재료에서 통계적으로 차이가 없을 것으로 나타났다(p>0.05).

소성 전 같은 재료에서 응축에 따른 수축률은 실험 I군이 가장 적었으며 실험 II군, 실험 III군, 실험 V군, 실험 VI군, 그리고 실험 IV군 순서로 큰 수축을 보였다(Table 5).

소성 후 수축률을 비교한 결과에서 응축을 한 실험군에 비하여 응축을 하지 않은 실험군에서 높은 수축률을 나타냈고, 응축을 하지 않은 실험군에서는 실험 Ia군의 수축률이 가장 크게 나타났으며, 그리고 실험 IVa군, VIa군, IIa군, Va군, 및 IIIa군의 순서로 나타났다. 또한 응축을 한 실험군에 있어서는 실험 Ib군의 수축률이 가장 크게 나타났으며, 그리고 실험 IIb군, IVb군, Vb군, IIIb군, 및 VIb군의 순서로 나타났다.

상호간의 관계를 알아보기 위하여 Duncan's multiple range test를 한 결과에서도 응축을 하지 않은 실험군이 응축을 한 실험군에 비하여 통계적으로 유의하게 높은 수축률을 나타냈다.

응축을 하지 않은 실험군 내의 비교에서 실험 Ia군은 실험 IIa, Va, 및 IIIa군에 비하여 통계적으로 유의한 차이의 높은 수축률을 보였으며, 실험 IVa, VIa, IIa, 및 Va군은 실험 IIIa군에 비하여 유의한 차이의 높은 수축률을 보였다.

응축을 한 실험군 내의 비교에서 실험 Ib군은 실험 IIb, IVb, Vb, IIIb, 및 VIb군에 대하여 통계적으로 유의한 차이의 높은 수축률을 보였으며, 실험 IIb

Table 6. Comparison of shrinkage rates after firing in groups.

G	I a	IVa	Va	IIa	Va	IIIa	I b	IIb	IVb	Vb	IIIb	VIb
I a												
IVa												
Va												
IIa	*											
Va	*											
IIIa	*	*	*	/*	*							
I b	*	*	*	*	*							
IIb	*	*	*	*	*	*	*					
IVb	*	*	*	*	*	*	*					
Vb	*	*	*	*	*	*	*					
IIIb	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
VIb	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		

\* : significantly different (p<0.05)

군과 IVb군은 실험 IIIb군과 VIb군에 비하여 유의한 차이의 높은 수축률을 보였다(Table 6).

#### IV. 총괄 및 고안

도재는 우수한 심미성, 내구성, 그리고 생체적합성으로 인하여 치과 보철 분야에 가장 많이 사용되는 재료 중의 하나이다.

그러나 도재는 소성시에 온도가 증가함에 따라 도재 분말이 소결과정을 통하여 서로 융합하게 되고 이러한 소결 과정 중에 수축이 일어나게 된다. 도재의 체적의 변화( $\Delta V$ )는 표면장력( $\gamma$ ), 점도( $\eta$ ), 분말의 반경( $r$ ), 그리고 소결 시간( $t$ )에 의하여 결정되며 아래와 같이 나타난다<sup>9)</sup>.

$$\Delta V/V_0 = 9\gamma / 4\eta r \times t$$

Rosenstiel<sup>4)</sup>은 응축 정도와 소성 온도가 수축률에 영향을 미치는데 최대한 응축을 한 경우에서 수축률이 가장 적게 나왔고 높은 온도에서 소성된 경우에 높은 수축률을 나타냈다고 하였으며, 그리고 Rasmussen 등<sup>3)</sup>은 직경이 다양한 도재 분말을 섞어 줌으로써 수축률을 줄일 수 있다고 하였다.

응축의 방법에는 진동, spatulation, 그리고 브러쉬 방법 등<sup>9)</sup>이 있으며 과량의 수분을 깨끗한 수건이나

다른 흡수성이 강한 재료로 제거함으로써 조밀하고 강한 도재를 만들 수 있다. 그러나 수압 하에서 축성된 도재에서 잔존 공간이 체적의 40%이상을 형성하고 있으므로 응축 방법이 소성 수축에 중요하지 않다는 주장<sup>1)</sup>도 있으며, Esquivel 등<sup>5)</sup>은 심한 응축이 기포를 생기게 하고 더 중요한 것은 올려진 도재를 약화시켜서 소성 과정 후에 도재내 파절을 야기할 수 있다고 인용 보고하였다.

수축률을 검사하기 위한 많은 연구에서 수축 정도를 수치적 측정장치를 이용하여 측정하였으나, 본 실험에서는 위상이동 형상측정법<sup>8)</sup>을 적용하였다. 이 방법은 광원을 이용한 비접촉식 높이 측정법으로서 소성되지 않은 도재의 체적을 구하기에 편리한 방법인데 그 정밀도는  $\pm 5\mu m$  정도로 각 점에서 높이를 측정할 다음 체적을 구하는 방법으로, 소성되지 않은 도재를 측정한 후에 같은 위치에서 다시 소성 후의 상태를 측정함으로써 각각의 체적을 정확하게 측정할 수 있었다.

본 실험의 목적은 임상에서 사용되는 다양한 도재 재료에서 응축이 수축에 미치는 영향을 알아보는 것으로 측정 사용되는 재료의 양은 중요하지 않다고 사료되나 도재의 양이 많을 경우에 특히 응축을 하지 않은 경우에서 도재 내에 파절이나 틈이 생길 가능성이 많다고 사료되어 동일한 작은 스펀을 사용하였다. 항상 일정한 양의 도재 분말을 사용하기 위하

여 먼저 도재 분말을 스펀을 이용하여 시편 가운데에 위치시킨 다음 액체를 주입하였으며, 응축을 하지 않은 경우에는 과량의 액체만을 제거하고, 응축을 하는 경우에는 응축의 정도가 수축에 많은 영향을 주므로 충분히 하도록 노력하였다. 이러한 과정을 한 명의 술자에 의하여 동일하게 시행하였다.

응축을 시행하지 않은 실험군 사이의 소성 전 체적의 크기를 비교하여 보면 실험 IIa군이 실험 IIIa, IVa, Va, Ia, 및 VIa군보다 체적이 유의하게 크게 나타났으며, 실험 IIIa군과 IVa군은 실험 Va, Ia, 및 VIa군보다 유의하게 체적이 크게 나타났다. 응축을 시행한 실험군 사이의 소성 전의 체적을 비교한 결과에서 실험 IIb군은 실험 IIIb, Ib, IVb, Vb, 및 VIb군에 대하여 체적이 유의하게 크게 나타났고, 실험 IIIb군은 실험 Ib, IVb, Vb, 및 VIb군에 대하여 체적이 유의하게 크게 나타났으며, 실험 Ib군과 IVb군은 실험 Vb군과 VIb군에 대하여 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 실험 IIa군과 IIb군의 체적 변화가 적다는 것을 의미하며, 같은 회사의 제품인 실험 IIIa와 IIIb군 또한 체적의 변화가 적게 나타났는데 이러한 것의 원인은 정확히 알 수가 없으나 임상에서 도재를 축성할 때 외형을 잘 축성할 수 있는 원인으로 사료된다.

소성 전 같은 재료에서 응축을 시행함에 따른 체적의 변화를 비교하여 보면 모든 경우에 있어 통계적으로 유의하게 체적이 감소하였다. 이러한 결과는 도재를 올릴 때 응축을 하면 더 많은 도재를 올릴 수 있다는 것을 나타낸다고 생각된다.

소성 후의 체적의 크기에 있어서는 응축 유무에 상관없이 같은 재료일 경우에는 체적의 차이가 통계적으로 없었는데 이는 소성 후의 도재의 분말이 응축 유무에 상관없이 소결된다는 것을 보여주는 것으로 사료되어 응축이 소성된 도재의 조밀도에 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 사료된다. 그러나 임상에서 최종적인 도재 수복물의 결과는 일차적으로 외형에 의하여 결정되므로 수축률을 비교하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

소성한 후의 체적의 수축률을 검사한 결과 대부분의 경우에 있어서 응축을 시행하지 않은 군에서 시행한 군에 비하여 통계학적으로 유의하게 높은 수축률을 나타내었는데 응축을 하지 않은 실험군에서는

수축률이 44.52 - 37.54%로 크게 나타났으며, 응축을 한 실험군에 있어서는 수축률이 36.81 - 27.19%로 나타났다. 이러한 수축률은 이전의 연구에서 보고된 수축률과 유사하다고 생각되며 사용하는 재료와 도재를 조작하는 방법에 따라서 수축률은 변할 수 있을 것으로 생각되었다.

변연 형성을 위하여 특수하게 제작된 변연용 도재의 수축률은 응축을 한 경우에 실험 IIIb군에서 27.36%로 낮게 나왔으나 실험 IVb군은 30.76%로 상아질용 도재인 실험 VIb군과 IIIb군에 비하여 높은 수축률을 나타내었으며 응축을 하지 않은 경우에는 실험 IIIa군에서 37.54%로 가장 낮게 나왔으나 실험 IVa군은 43.25%로 실험 Ia군을 제외하고 가장 높은 수축률을 나타내었다. 변연의 적합은 보철물의 성공에 매우 중요하므로 정확히 형성해 주기 위하여 특히 수축률이 적은 것이 좋을 것으로 사료된다. 이러한 수축률은 소성 시에 일반 도재보다 변연용 도재가 약 30℃ 높은 온도에서 소성되도록 조절되었기 때문에 한번 잘 형성된 변연은 수축 문제가 없을 것으로 사료되나 일반 도재를 축성 후 소성할 때에 생기는 변형의 가능성도 연구하여야 할 것으로 사료된다.

소성 후의 체적의 크기도 중요하나 임상적 관점에서는 최종적인 외형을 완벽하게 얻는 것이 더욱 중요하여 수축률의 중요성이 강조되는데 이는 수축률이 적은 경우에는 도재를 조작할 때에 과축성을 적은 양만 해도 된다는 것을 의미하기 때문이다. 그러나 재료에 따라서 응축에 따른 수축률의 차이가 적은 경우에는 응축의 정도를 조절할 수도 있을 것으로 생각된다. 그러나 응축에 따른 수축률의 차이가 그 해당 재료에서는 모든 경우에서 통계적으로 유의한 차이가 났기 때문에 도재를 축성할 때 응축을 하는 것이 외형 형성의 견지에서 볼 때 유리하다고 생각된다.

본 실험에서는 여러 제조회사에서 제작된 다양한 도재의 수축률을 비교하고 응축이 수축률에 미치는 영향을 알아보았으나 이러한 응축이 도재 표면의 거칠기와 도재 내면의 기포형성과 어떠한 연관이 있는지 그리고 제작된 도재관의 투과성과 색에는 어떠한 영향을 주는지에 대하여 계속적인 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

임상에서 사용되는 여러 제조회사에서 제작된 다양한 도재의 수축률을 비교하고 응축이 수축률에 미치는 영향을 알아보기 위하여 위상이동 형상측정법을 사용하여 실험하기 위하여 베이스플레이트 왁스를 2.5cm×2cm를 만든 다음 통상적인 방법으로 도재 소부용 비귀금속 합금(Verabond, U.S.A.)으로 주조한 다음 시편의 한쪽 면을 평면이 되도록 SiC 연마지로 연마하여 120개의 시편을 제작하였다.

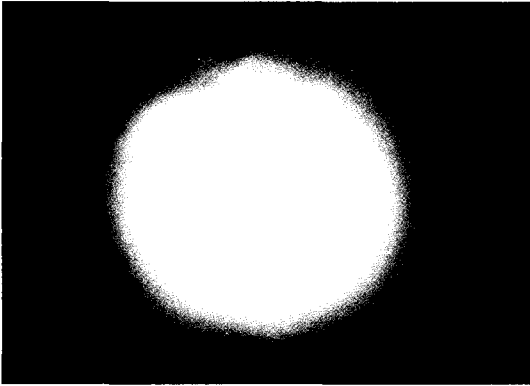
시편을 6개의 군으로 분류하여 실험 I군에서는 Ceramco dentin 도재를, 실험 II군에서는 Creation dentin 도재를, 실험 III군에서는 Creation margin 도재를, 실험 IV군에서는 Vintage margin 도재를, 실험 V군에서는 Vita dentin 도재를, 그리고 실험 VI군에서는 Vintage dentin 도재를 사용하여 일정한 도재 분말을 제작된 시편의 연마면에 작은 스폰으로 올린 후 각각의 재료에 적합한 용액을 첨가하고 휴지를 사용하여 과도한 용액만을 제거한 군과 Ceramasonic(Sofu, Japan)을 사용하여 충분한 응축을 한 군으로 다시 분류하여 각각의 제작된 시편을 먼저 위상이동 형상측정법을 사용하여 형상을 측정하였다.

그 후 각 실험군의 재료에 알맞도록 프로그램된 도재용 소성로(Dekema, Germany)를 사용하여 각각의 시편을 소성한 후 변화된 시편의 형상을 다시 측정하여 체적을 계산하고 그 수축률을 계산하였다.

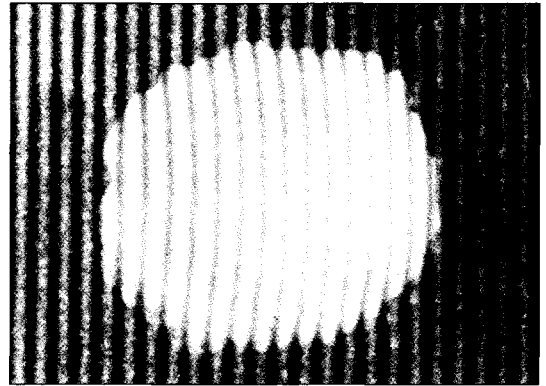
1. 같은 양의 동일한 도재 분말에서는 응축의 유무에 관계가 없이 소성된 도재의 체적에 유의한 차이가 없었다.
2. 응축을 시행한 군에 비하여 응축을 시행하지 않은 군에서 통계학적으로 유의하게 높은 수축률을 나타내었다.
3. 수축률은 응축을 하지 않은 실험 군에서는 44.52 - 37.54%로 나타났으며 응축을 한 실험 군에서는 36.81 - 27.19%로 나타났다.

1. Lui JL, The effect of shrinkage on the marginal fit of porcelain jacket crowns. Br Dent J 1980 ; 149 : 43-45.
2. Phillips RW, Skinner's science of dental materials. 8th ed. p. 516 Philadelphia: W.B. Saunders, 1982.
3. Rasmussen ST, Ngaji-Okumu W, Boenke K, O'Brien WJ, Optimum particle size distribution for reduced sintering shrinkage of a dental porcelain. Dent Mater 1997 ; 13 : 43-50.
4. Rosenstiel ST, Linear firing shrinkage of metal-ceramic restorations. Br Dent J 1987 ; 162 : 390-392.
5. Esquivel JF, Chai J, Wozniak WT, The physical properties of low-fusing porcelains for titanium. Int J Prosthodont 1996 ; 9 : 563-571.
6. Lu YS, Yang HW, Experimental studies on the application of a porcelain-light-cured resin matrix system to the porcelain margin of metal-ceramic crowns. Dent Mater J 1995 ; 14 : 1-13.
7. O'Brien WJ, Boenke KM, Groh CL, Evaluation of some properties of an opaque porcelain fired simultaneously with the body porcelain. J Prosthet Dent 1994 ; 72 : 414-419.
8. 이청희, 조광현, 최부명, 위상이동 형상측정법을 이용한 의치중합 방법에 따른 적합도 검사. 대한치과보철학회지 1999 ; 37 : 474-493.
9. Craig RG, Restorative dental materials, 10th ed. p. 470-472. St Louis: C. V. Mosby, 1997.

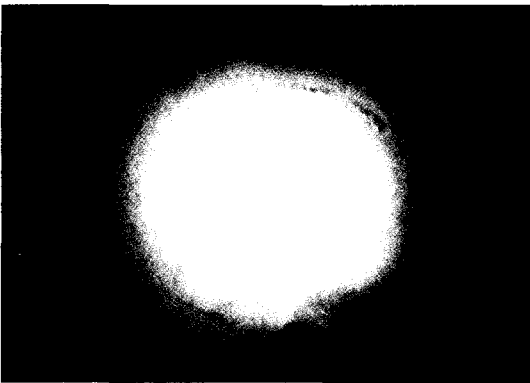
사진부도



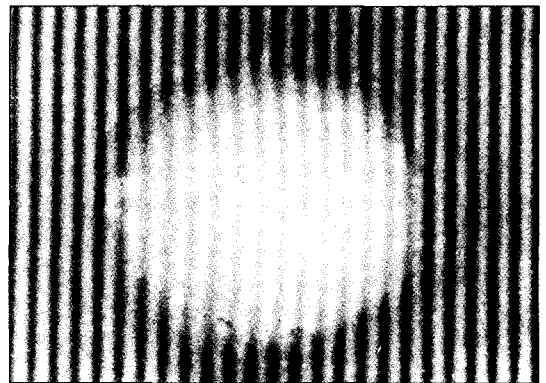
사진부도 1. Experimental specimen before firing.



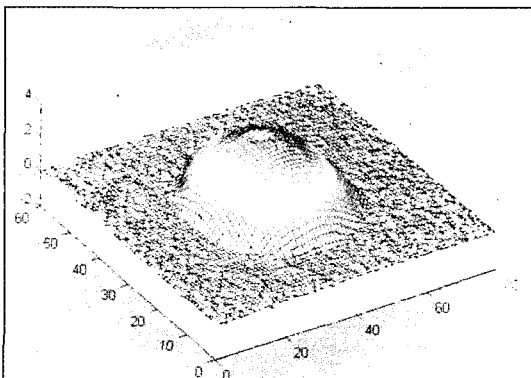
사진부도 2. Phase - shifting measurement of the specimen before firing.



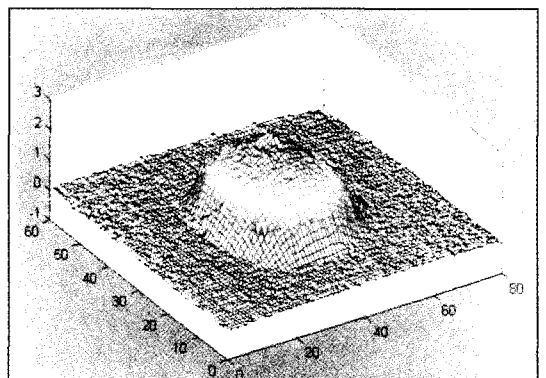
사진부도 3. Experimental specimen after firing.



사진부도 4. Phase - shifting measurement of the specimen after firing.



사진부도 5. 3-dimensional graph of the specimen before firing.



사진부도 6. 3-dimensional graph of the specimen after firing.



## ABSTRACT

# Measurement of Porcelain Shrinkage After Firing Using the Phase-Shifting Profilometry

Cheong Hee Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

0

*Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Kyungpook National University*

To compare several porcelains made by various manufacturers in shrinkage after firing and investigate the effect of condensation on shrinkage, specimens were prepared and the volume of each body was measured by the phase-shifting profilometry.

Baseplate wax was cut by 2.5cm × 2cm and cast in nonprecious metal (Verabond, U.S.A.), then any surfaces of specimens were abraded and polished on the SiC abrading papers, preparing 120 specimens. Specimens were divided into six groups according to the porcelain used, and the porcelain used in each group were as follows.

Group I : Ceramco dentin porcelain

Group II : Creation dentin porcelain

Group III : Creation margin porcelain

Group IV : Vintage margin porcelain

Group V : Vita dentin porcelain

Group VI : Vintage dentin porcelain

Porcelain was built up on the metal plates using a small spoon and then solution matching to each porcelain was added. The six groups are subdivided into a and b. In subgroup a, only excessive solution was absorbed with tissue and in subgroup b, porcelain was condensed sufficiently. When build-up was completed, the shape was measured using the phase-shifting profilometry. After that, specimens were fired in the furnace programed for each porcelain and then their changed shape were measured again.

Using the difference between the two above measurements, the ratio of shrinkage was calculated.

Obtained results were as follows :

1. Regardless of condensation, the volume of fired specimens were not different significantly between the two subgroups a and b in the same group.
2. The ratios of shrinkage were significantly higher in the groups porcelain built-up was condensed than in the groups not condensed.
3. The ratios of shrinkage were in the range of 36.81 - 27.19% in the groups porcelain built up was condensed and 44.52 - 37.54% in the other groups not condensed.

---

**Key words** : The phase-shift profilometry, Porcelain powder, Condensation, Firing, Shrinkage rate.