

# 도재전장금관을 위한 코핑의 변형에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과보철학교실

이기흥 · 정현영 · 이선형 · 양재호

목 차

- I. 서 론
- II. 연구 재료 및 방법
- III. 연구 결과
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

## I. 서 론

도재전장금관은 근래에 보편적으로 사용되고 있는 보철물이다. 그러나 주조체변연의 초기 적합성은 도재소성중에 생기는 금속의 변형에 의하여 저하된다. 이러한 변형은 도재소성후 완성된 보철물을 장착할 때에 많은 수정을 필요로 하거나 때로는 보철물을 재제작하게 하기도 한다.

변형이 발생하는 원인에 대해서는 많은 이견이 있다. 변형의 원인으로서는 금속과 도재의 열수축률의 차이<sup>2,4,20,29,35,39,41,44,46,51</sup>), 고온하에서 합금의 plastic flow와 creep<sup>5,32,44</sup>), 용융점을 감소시키거나 합금의 결정을 커지게하는 주조체의 오염<sup>41</sup>), 주조체의 내면에 형성되는 산화층<sup>8)</sup>, 도재의 견고성에서 기인하는 금속의 탄성 감소<sup>40,41</sup>), 가열시 금속구조물의 부적절한 지지<sup>7)</sup>, 내면에 도재가 개재되어 오염된 경우<sup>15,40,41</sup>), 고화

시에 생긴 응력의 완화<sup>13)</sup>, 지대치 형성과 금속의 설계<sup>1,9,15,22,26,30,37,39,42,49,51</sup>) 등을 들 수 있다. 많은 학자들은 소성시에 변형이 일어난다는 사실에는 동의하고 있지만 이러한 원인들에 대한 견해에는 많은 차이가 있다.

Johnston 등<sup>24)</sup>은 금속의 전반적인 변형이 문제를 만들 가능성이 있다고 하였고, Silver 등<sup>41)</sup>은 도재의 수축이 금속의 변형을 유발시킬 수 있다고 하였다. Tuccillo와 Nielson<sup>45)</sup>은 소성후에 도재와 금속계면에서의 전단결합강도를 측정 한 실험에서 도재와 금속의 열팽창계수의 차이가 클수록 전단결합강도가 감소함을 관찰 하였다. Shillingburg 등<sup>39)</sup>은 변연 형태에 따른 변형을 알아보는 실험에서 금속의 두께가 가장 큰 shoulder가 가장 적은 변형을 보이는 것을 관찰하고 변형의 일차적인 원인은 도재의 수축이라고 하였다. Iwashita 등<sup>23)</sup>은 도재소성후 많은 양의 변연 공극이 생기는 것을 관찰하고 도재와 금속 열수축의 차가 변형의 일차적인 원인이라고 하였다. Bridger와 Nicholls<sup>6)</sup>는 6분 가공의치의 변형을 측정한 실험에서 도재의 수축이 금속구조물의 변형에 영향을 주는 것을 관찰하였다. Van Rensburg와 Strating<sup>47)</sup>은 3분 가공의치에서 같은 결과를 얻었다. 이러한 연구들은 도재소성시 변형의 일차적인 원인이 금속과 도재의 열수축률의 차이에서 기인된 것이라는 것을 말해준다.

이와는 달리 De Hoff와 Anusavice<sup>13)</sup>는 변형에

\* 본 연구의 일부는 1992년도 서울대학교병원 임상연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

미치는 열수축률차이의 효과를 유한요소분석법을 이용하여 평가하였다. 이들은 이 실험에서 문헌에 보고되어 있는 값보다 비교적 작은 변형을 관찰하였는데 이는 열수축률의 차이에서 생성되는 응력이 변형의 일차적인 원인이 아니라는 것을 알려준다. Anusavice와 Carroll<sup>9)</sup>은 creep 저항성이 낮은 얇은 금속 코핑과 열수축률의 차이가 큰 도재를 사용하여 변형의 차이를 과장하는 조건을 설정하여 변연 공극의 변화를 측정하는 실험을 하였다. 이 실험에서 소성으로부터 생긴 변연 공극은 상당히 작았다. 이는 도재와 금속간 열수축률의 차가 변형의 일차적인 원인이 아니라는 것을 알려주었다.

많은 연구자들은 도재를 적용하기 전인 1차 가열, 즉 산화 소성에서 주된 변형이 발생하는 것을 관찰하였다<sup>2, 3, 6, 8, 9, 13, 15, 18, 37)</sup>. 이는 변형의 일차적인 원인이 금속과 도재의 열수축률의 차이보다는 금속자체가 지니고 있는 응력과 연관된 요인에 있다는 것을 말한다. 근래에 들어서 변형의 일차적인 원인으로 주조된 금속이 냉각되면서 발생하는 고체화 응력이 가열시에 유리되면서 변형을 유발한다는 이론이 대두되고 있다<sup>3, 10, 18, 19)</sup>. 만일 이러한 응력이 일차적인 원인이라면 열을 가하기 전에 매몰된 상태에서 미리 열처리를 하면 소성시의 변형을 최소한으로 줄일 수 있을 것이다. Campbell과 Pelletier<sup>10)</sup>는 도재전장금관의 순측면만을 판모양의 시편으로 형성한 금-팔라듐 합금과 도재를 이용한 실험에서 재매몰한 상태에서 열처리를 한 시편에서 재매몰하지 않은 시편에서보다 변형이 유의성 있게 적은 것을 관찰하였다. 그리고 냉간가공, 즉 금속 전처리 등을 한 시편이 처리하지 않은 시편보다 많은 변형을 보이는 것을 보고 주조체에 생긴 응력의 유리와 냉간가공은 변형에 대해 상승작용을 보인다고 결론지었다. 이상의 연구들을 살펴보면 소성시의 변형의 원인은 도재와 금속의 열수축률의 차이보다는 주조시와 냉간가공시에 금속자체에 발생된 응력때문이라고 생각되고 따라서 이러한 변형을 방지하려면 금속에 열을 가할 때에 금속의 형태를 유지시킬 수 있는 수단이 필요하다는 것을 알 수 있다.

본 연구의 목적은 반복가열시의 금속의 변형상과 주조후 매몰재를 제거하지 않고 열처리를 하는 과정과 주조후 냉간가공을 거치고 나서 재매몰하여 열처리를 하는 과정이 변형에 주는 영향을 관찰하는 것이다.

## II. 연구 재료 및 방법

도재전장금관을 위한 지대치 형태로 형성된 상악중절치의 금속치아모형을 니켈-크롬-베릴륨 합금(Verabond, Alba Dent Inc.)으로 주조하여 제작하였다. 이 지대치의 형태는 순설폭 4.5 mm, 인접면폭 3.5 mm, 높이 7.5 mm, 변연의 폭은 1.0 mm이고 변연의 형태는 shoulder로 하였다(Fig. 1-a). 두께 0.5 mm의 일정한 납형을 형성하기 위한 금속 주형을 금합금으로 주조하여 제작하였다(Fig. 1-b). 이 주형과 금속치아모형에는 요철을 주어 접합시 움직임이 없도록 하고, 주형의 윗부분, 즉 주입선을 붙일 부위에는 배출구(hole)를 형성하여 여분의 wax (Inlay wax, GC, Japan)가 배출되도록 하였다.

이 금속모형과 주형을 사용하여 납형을 제작하였다. 두께는 0.5 mm의 일률적인 두께를 가지도록 하였다. 모두 45개의 납형을 형성한 후 절단연쪽에 주입선을 부착하고 한 ring에 5개씩 매몰하였다. 매몰재는 인산염계 매몰재(Hi-temp, Whip Mix Corp., Louisville, Ky)를 사용하였고 제조자의 지시대로 혼합하였다. 매몰 1시간 후 9개의 ring을 동시에 한 소환로(Midtherm 100, Bego, Germany)에 넣고 온도를 상승시킨 후 니켈-크롬-베릴륨 합금을 사용하여 유도주조기(Fornax 35EM, Bego, Germany)에서 주조하여 실온에서 냉각시켰다. 냉각시킨 ring을 3개씩 3군으로 분류하여 각 군별로 처리하였다.

1군은 대조군으로 통법대로 매몰재를 제거하고 분사연마(Hi-Blaster III, Shofu, Japan)한 후, 내면의 기포를 white stone을 사용하여 제거하고, 증기세척기(Triton S, Bego, Germany)를 이용해 1차 세척하고, 증류수에서 20분간 초음파세척(Bransonic, USA)한 후에 소환로(KDF Master spirit 120, Japan)에서 도

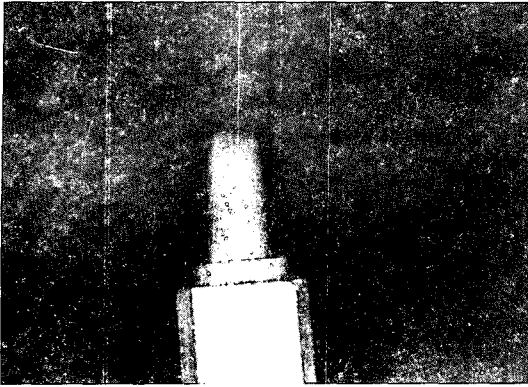
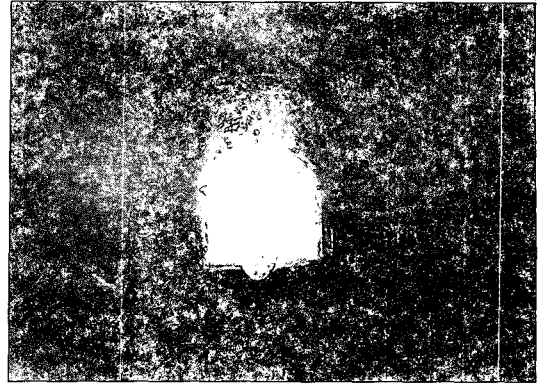
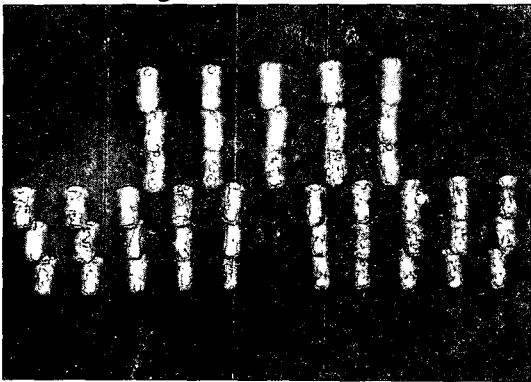


Fig. 1-a 금속치아모형.



1-b 주형.



1-c 각 군별 금속 코핑.

재소성 주기에 맞추어 가열하였다. 2군은 실험군으로 매몰재를 제거하기 전에 열처리를 한 후 1군과 같은 과정을 시행하였다. 3군은 실험군으로 매몰재를 제거하고 분사연마 한 후 금속의 전처리를 시행하고 재매몰하여 열처리를 한 뒤 분사연마하여 매몰재를 제거하고 세척한 후 도재소성 주기에 맞추어 가열하였다(Fig. 1-c).

열처리는 1900°F의 온도를 20분동안 유지한 후 실온에서 냉각시켰다. 이 과정은 도재소성을 위한 반복가열시의 금속변형을 감소시키기 위하여 시행하였다. 가열을 3회 실시하였는데 온도는 Ceramco II 도재(Ceramco Inc., USA)의 가열주기에 맞추어 시행하였다. 1차가열은 degassing 온도(1850°F)로, 2차가열은 opaque 도재를 소성할 때의 온도(1785°F)로, 3차가열은 body 도재를 소성할 때의 온도(1685°F)로 시행하였다.

이렇게 처리한 구조체들을 금속치아모형에

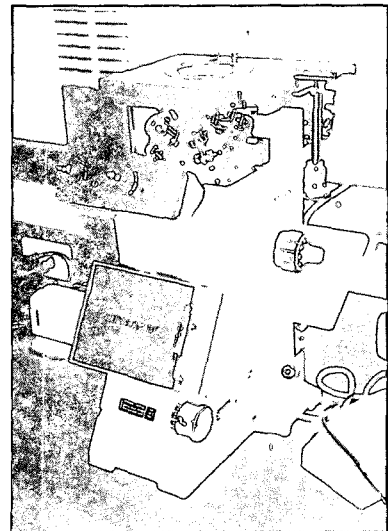


Fig. 2 금속현미경.

적합시켰을 때의 변연 공극을 금속현미경(Inverted metallurgical microscope, PME3, Olympus, Japan)을 이용하여 측정하였다(Fig. 2).

측정부위를 금속치아모형의 순면, 설면, 양쪽 인접면에 표시하고 이 부위에서의 변연 공극을 한 부위에서 3회씩 각각의 가열단계에 따라서 측정하였다(Fig. 3).

여기서 얻은 결과를 ANOVA와 Duncan's Multiple Range Test, Scheffe's Test를 이용하여 통계분석하였다.

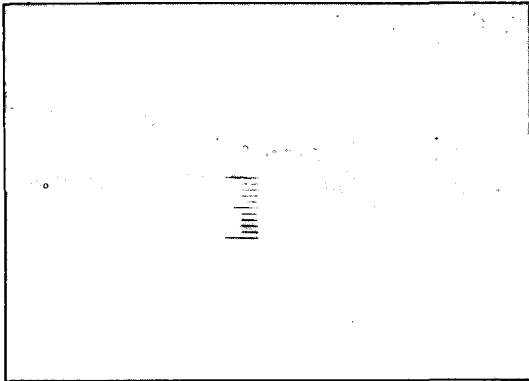


Fig. 3 변연 공극을 측정( $\times 200$ ).

### III. 연구 성적

금속 코핑을 금속치아모형에 적합시켰을 때 각 부위에서의 변연 공극을 각각 3회씩 측정하여 얻은 평균을 대표값으로 하였다. 각각의 측정에서 얻어진 값을 그래프로 나타내었다. 세 군 모두 모든 부위에서 1차가열시에 가장 많은 변형량을 보였으며 군별 변형량은 1군이 가장 많았다(Fig. 4)

각 단계별로 얻은 측정치의 평균과 가열한 후의 측정치의 평균과의 차를 구하여 변형량을 구하였다. 각 군간의 가열단계별, 부위별 변형량은 Table 1과 같다.

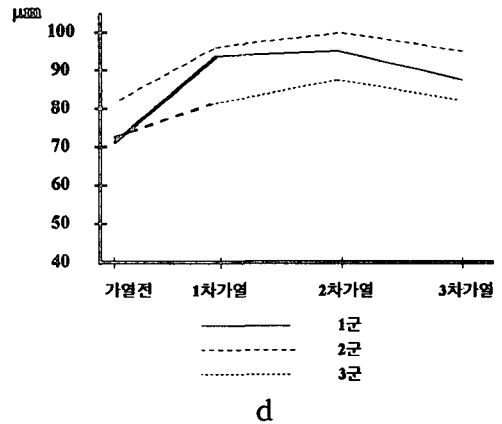
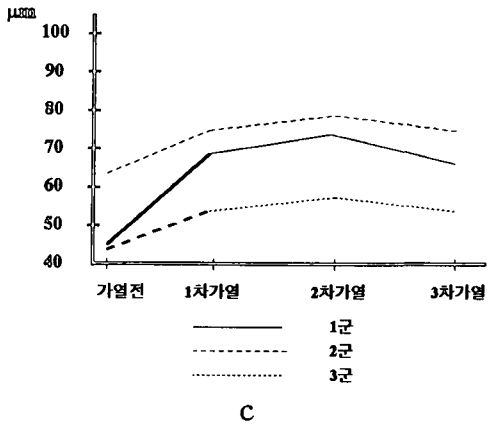
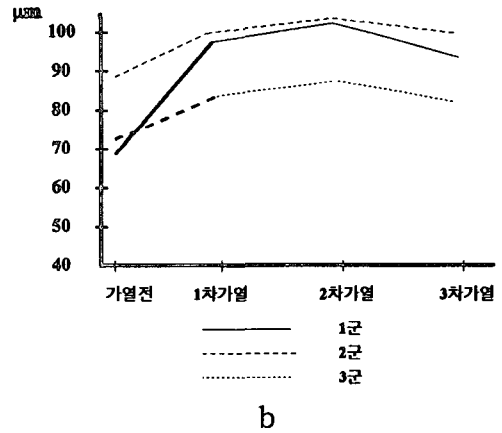
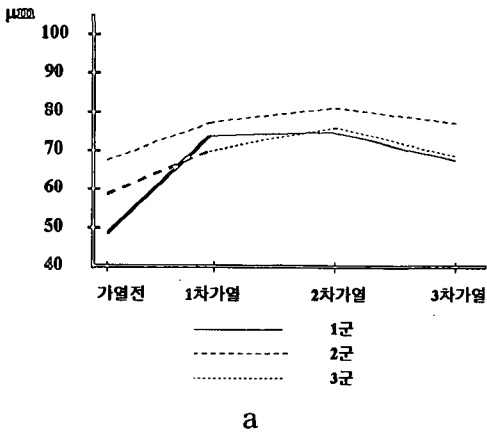


Fig. 4 a. 순면(La)에서의 가열단계별 변화  
b. 인접면(P1)에서의 가열단계별 변화

c. 설면(Li)에서의 가열단계별 변화  
d. 인접면(P2)에서의 가열단계별 변화

Table 1. 변연 공극의 변화량 ( $\mu\text{m}$ )

Group	1차가열				2차가열				3차가열				Total			
	La	P1	Li	P2	La	P1	Li	P2	La	P1	Li	P2	La	P1	Li	P2
1	24	27	21	20	3	5	5	2	-11	-11	-10	-6	16	20	16	16
2	9	11	11	13	3	2	3	4	-4	-4	-5	-7	8	9	9	11
3	10	8	9	8	6	3	3	4	-9	-4	-3	-5	7	7	9	7

Table 2. ANOVA 분석결과 (Alpha=0.05)

Source	DF	Mean Square	F Value	Pr>F
Group	2	5.268652	9.34	0.0001
Part	3	0.0981914	0.17	0.9139
Group $\times$ Part	6	0.1386358	0.25	0.9609
Firing cycle	2	198.5916852	352.23	0.0001
Group $\times$ Firing cycle	4	16.8910185	29.96	0.0001
Part $\times$ Firing cycle	6	0.3059321	0.54	0.7758
Group $\times$ Part $\times$ Firing cycle	12	1.0453765	1.85	0.0377

DF, Degrees of freedom ; Pr, probability

Table 3. Duncan's Multiple Range Test 분석결과 (Alpha=0.05)

Group	Mean	n	Grouping
1	5.6944	180	A
2	3.1667	180	B
3	2.4333	180	B

Grouping의 문자가 다르면 유의성이 있음

Table 4. Scheffe's Test 분석결과 (Alpha=0.01)

Group	Mean	n	Scheffe Grouping
1	5.6944	180	A
2	3.1667	180	B
3	2.4333	180	B

Grouping의 문자가 다르면 유의성이 있음

양의 값을 보이는 변형량은 변연 공극이 증가함을 나타내고 음의 값은 변연 공극의 감소를 나타낸다. 1군의 1차가열시의 부위에 따른 변형량은 20~27 $\mu\text{m}$ 였고 2차가열시의 변형량은 2~5 $\mu\text{m}$ , 3차가열시에는 -6~-11 $\mu\text{m}$ 이었고, 2군은 각각 9~13 $\mu\text{m}$ , 2~4 $\mu\text{m}$ , -4~-7 $\mu\text{m}$ 였으며, 3군은 각각 8~10 $\mu\text{m}$ , 3~6 $\mu\text{m}$ , -3~-9 $\mu\text{m}$ 이었다. 1군의 1차가열시에 전반적으로 가장 많은 변형량을 보였다.

2차가열시에는 1차가열에 비하여 적은 변형

을 보였고 3차가열시에는 변형이 음의 값을 나타내었다. 2군과 3군의 변형량은 전반적으로 2군이 약간 많았으며 변형의 양상은 두 군에서 비슷하였다. 이 결과를 통계처리 하였다.

ANOVA의 결과로는 세 군에서 유의성이 있는 군이 존재하였고 부위별로 비교하였을 때에는 통계적 유의성이 없었다. 각 군과 부위의 상관관계도 없는 것으로 나타났다. 가열단계에 따른 비교에서는 가열단계별로 유의성이 있었고 각 군과 가열단계의 상관관계가 있는 것으로

나타났다(Table 2).

Duncan's Multiple Range Test를 분석한 결과 1군과 2,3군 사이의 변형량에 유의적인 차이가 있었다(Table 3).

Scheffe's Test를 분석한 결과 1군과 2,3군 사이의 변형량에 유의한 차이가 있었다(Table 4).

#### IV. 총괄 및 고안

금속코핑의 두께는 일정하게 0.5 mm로 하였다. 도재전장금관에 사용되는 코핑의 두께는 0.2-0.3 mm이다. 그러나 이 두께로 납형을 제작하게 되면 주조시에 이 부위의 변형과 천공을 유발한다. 따라서 납형은 0.4-0.5 mm의 두께로 제작하여 주조한 후 0.2-0.3 mm로 금속면을 처리하여 두께를 줄이게 된다<sup>11,14)</sup>. 그러나 이 실험에서는 금속코핑마다 일률적인 두께로 제작하여야 했으므로 금속코핑 시편의 두께를 0.5 mm로 제작하고 매몰재는 분사연마를 하여 제거하고 금속표면에 생긴 흑과 fin은 white stone으로 제거하였다. 금속의 두께가 더 얇았다면 더 큰 변형량을 얻었을 것으로 생각된다. 변연의 형태는 shoulder를 선택하였다. Shoulder는 도재를 위해 필요한 공간을 형성하면서 반복가열시에 변형이 적어 도재전장금관에 많이 사용된다<sup>4, 12, 15, 21, 36, 39, 49, 50)</sup>.

비귀금속 합금의 매몰에는 인산염계의 매몰재를 사용한다. 인산염계 매몰재에 추천되는 소환온도는 1350-1800°F이다. 열처리에 사용된 온도는 1900°F이므로 매몰재가 금이 가는 현상이 염려되었으나 다행히 이런 현상은 일어나지 않았다. 이는 온도상승을 천천히 시켰기 때문이라고 생각된다. 열의 흡수는 보통 가열주기의 최고 온도에서 1시간 이상 지속시키면 안된다. 이 이상으로 연장시키면 매몰재가 금이 가기 시작하기 때문이다<sup>32, 52)</sup>.

Felton<sup>16)</sup> 등은 도재전장금관에 사용되는 금속에 대한 분사연마의 영향을 알아보았다. 이 연구의 결과중 비귀금속 합금에 대한 영향은 15-45  $\mu\text{m}$ 의 산화 알루미늄과 40-80  $\mu\text{m}$ 의 유리구슬(glass beads)의 5초 분사에 각각 7.5,

7.9  $\mu\text{m}$ 의 평균마모를 보였다. 매몰재를 제거하기 위한 분사연마는 각 금속코핑에 대하여 25  $\mu\text{m}$ 의 산화 알루미늄을 3초간 실시하였다. 변연에는 마모의 방지를 위하여 되도록 당지 않도록 하였다.

금속내면의 변화를 줄 수 있는 요소를 최소화하기 위하여 깨끗한 내면을 얻을 수 있도록 주의하여 매몰하였고 내면조정을 최소로 하기 위하여 노력하였다. 거친 내면은 가열시 변형의 확대를 가져올 수 있고 같은 위치로 적합시키는 것을 방해할 수 있다. Pilo<sup>34)</sup>와 Pascoe<sup>31)</sup>는 보철물을 적합시킴에 있어 내면의 형태중 측벽에 생긴 작은 변화가 변연 부위 적합도에는 큰 변화를 가져옴을 관찰하였다. 예를 들면 10도의 경사도를 가진 측벽을 따라 생성되는 1  $\mu\text{m}$ 의 변형은 변연 부위에서는 11  $\mu\text{m}$ 의 변형을 가져온다.

변연 공극의 변화를 관찰하는데 있어서 문제점은 기준점의 설정과 반복되는 적합시에 같은 위치가 재현될 수 있는가에 대한 의문이다. 기준점의 설정은 한점을 잡아 이 부위에서의 변연 공극을 측정하는 방법과 일정한 기준점 사이의 최대값과 최소값을 측정하여 범위로 나타내는 방법이 있다. 본 연구에서는 현미경에 의한 관찰시에 시야가 좁아 넓은 범위를 보기 어렵고 넓은 부위에 초점을 맞추기가 용이하지 않은 관계로 한점을 잡아 그 점에서 계속 측정하였다. 기준점은 금속치아모형에 표시하였다. 기준점은 예리한 25번 blade를 사용하여 표시하였다. 기준점이 크면 현미경에 의한 측정시 넓은 범위에 걸쳐 나타나기 때문에 되도록 예리한 기구로 표시하여야 한다. 적합시에 같은 위치로 적합되어야 하는 것은 변연공극의 변화를 관찰하는데 있어 필수적이다. 같은 위치에 금속코핑을 위치시키기 위해서는 정확한 삽입로와 일정한 힘이 필요하다. 이러한 위치의 재현성을 평가하기 위하여 실험전에 손으로 시행한 주조체의 삽입과 철거에 대한 신뢰성을 측정하였다. 5개의 금속코핑을 각각 5회씩 반복측정한 결과 최대오차는 2.1  $\mu\text{m}$ 였고 평균은 1.8  $\mu\text{m}$ 였다.

이 연구는 도재전장금관의 변형의 일차적인

원인이 금속의 고화 응력과 금속 전처리에 있다고 가정하고 행한 실험이다. 이러한 변형이 일어나는 시점과 양을 설명할 수 있는 알려진 원인으로는 주조시에 일어나는 고화과정으로부터 기인되는 응력과 금속표면의 냉간가공에 의해 생긴 응력의 유리이다<sup>10, 13)</sup>. 주조시에 생기는 응력은 주조체의 냉각시에 매몰재 내에서 금속의 수축이 일어나면서 생성된다. 이는 주조라는 과정의 특성상 피할 수 없는 과정이다.

금속이 용융점보다 비교적 낮은 온도에서 변형되는 것을 냉간 가공이라 한다. 냉간 가공시에 소비되는 대부분의 에너지는 열의 형태로 나타나지만 일부는 변형에 의하여 생성되는 다양한 격자와 연관된 왜력(strain)으로서 금속에 저장되게 된다. 저장된 에너지는 변형이 증가함에 따라 증가하게 된다. 냉간 가공은 금속에 많은 변위를 증가시키는 것으로 알려져 있다<sup>51)</sup>. 변위의 밀도가 증가할수록 금속의 왜력도 증가하게 된다. 금속의 성형시에 생기는 결손점들도 냉간 가공을 한 금속에 에너지를 축적시킨다.

이렇게 축적된 에너지는 고온상태에서 유리되는데 이 과정을 소둔이라 한다. 고온에서 큰 에너지가 유리되면 냉간가공의 결과로 변형된 결정들이 왜력이 제거되면서 새로운 결정으로 형성된다. 금속은 냉간 가공 과정을 거치게 되면 거의 모든 물리적, 기계적 성질이 변화하게 된다. 강도와 경도는 증가하게 되고 연성은 감소하게 된다. 냉간가공을 한 금속이 고온에서의 소둔과정을 거치게 되면 3단계의 과정을 거친다. 변형된 금속은 회복이 되고 재결정화가 이루어지며 변형된 결정의 성장을 초래하게 된다. 소둔 과정은 시간과 온도에 의하여 결정되고, 약간의 온도변화에도 매우 민감하게 반응하는 과정이다<sup>10, 32, 33)</sup>. 이 과정은 상대적인 과정이다. 금속의 용점이 높을수록 소둔에 필요한 온도도 높아진다. 소둔 온도는 대상 금속의 용점의 1/2 이상의 온도로 시행한다<sup>32)</sup>. 본 실험에서는 열처리온도를 1900°F로 하였다. 이 실험에서 사용한 Verabond의 용점은 약 2450°F이고 1차가열의 온도가 약 1900°F이므로 이 온도로 설정하였다.

Campbell과 Pelletier는 주조과정에서 발생한 응력과 냉간 가공에서 발생한 응력이 따로 존재하면 가열시에 유의한 변형을 생성하지 못하지만 같이 존재하게 되면 상승작용을 일으켜 유의성이 있는 금속의 변형을 가져오는 결과를 얻고, 이러한 두 요소를 분리시키거나 차단하면 변형이 통계적으로 유의하게 감소함을 관찰하였다<sup>10)</sup>. Terada<sup>43)</sup>는 방사선 분산 응력 분석기를 사용하여 연마를 마친 금속시편이 지니고 있던 응력이 1차소성시에 반으로 감소하고 이후의 가열시에는 조금씩 증가하는 결과를 얻었다. 이 결과도 주조와 냉간 가공으로 생긴 응력이 가열 후 감소하는 것을 설명해준다.

재매몰하여 열처리를 하는 술식은 주조시에 생성된 응력의 유리에서 기인하는 변형을 막을 수 있는가를 결정하기 위해 평가되었다<sup>10, 19)</sup>. 재매몰한 상태에서 이러한 열처리를 통하여 합금은 평형적인 구조를 가지게 되고 변형없이 응력을 유리하게 된다. 실험결과에서도 재매몰한 실험군에서 가장 적은 변형을 보였고 이는 통법으로 제작된 대조군과 비교하여 통계적으로 유의성이 있었다. 주조후 매몰재를 제거하지 않고 열처리를 한 군에서는 재매몰한 실험군보다는 변형량이 많았지만 통법대로 시행한 대조군보다는 변형이 적었고 이 변형량은 대조군과 비교하여 통계적으로 유의성이 있었다. 이는 주조체가 식은 후에 열처리를 하였기 때문에 고화시에 발생한 응력이 이 때에 유리되고 매몰재로 고정되어 있기 때문에 결과적으로 변형이 적게 나타난 것으로 생각된다. 또 고체화 과정에서 발생하는 응력과 냉간가공시에 생성되는 응력을 분리하는 효과가 있었으리라 생각된다. 연구 결과에 따르면 각 부위에 따른 변화량은 통계적인 유의성이 없었다. 이는 다른 연구의 결과<sup>8, 18, 37)</sup>와 일치한다.

이 연구에서는 가열시에 도재를 축성하지 않았다. 도재를 축성하지 않은 이유는 금속만의 변형을 보려했기 때문이고 가열 단계마다의 변형량은 조금씩 다르지만 금속시편만을 glazing 단계까지 가열한 경우 도재를 축성한 경우와 많은 차이가 없었기 때문이다. 각각의 부위에 따른 변형량의 차이는 다른 연구결과와 마찬가지로

가지로 통계적인 유의성이 없었다<sup>6, 18, 37)</sup>. 이는 금속 변연의 두께를 일정하게 한 결과로 생각된다.

본 연구에서는 다른 여러 연구들과 마찬가지로 1차 가열시에 모든군에서 가장 많은 변형량을 볼 수 있었다. 이는 주조와 냉간 가공시에 생성된 응력이 금관의 변형의 1차적인 원인이라는 것을 밝힌 연구들의 결과와 일치한다. 2차 가열시에는 1차 가열시보다 적은 변형량을 보였고 이는 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 이는 1차가열시에 대부분의 변형이 일어났음을 말해주는 것이라고 생각된다. 3차 가열시에는 변화량이 음의 값으로 나타났다. 가열시에 변연공극이 감소하는 현상은 많은 연구에서 관찰되었다<sup>8, 12, 17, 18, 19)</sup>. 이 현상에 대한 원인은 잘 밝혀지지 않았으나 금관의 내면에 존재하던 날카로운 작은 돌기들이 가열에 의해 무디어지기 때문인 것으로 생각된다<sup>15)</sup>. 또 납형의 매몰 및 주조시에 매몰재의 팽창과 금속 수축의 영향 때문에 처음 금속치아모형에서 형성한 납형의 위치대로 적합되지 않아 이미 변형이 일어난 점을 기준점으로 정했기 때문에 생기는 현상인 것으로 생각된다.

본 연구에서는 주조시와 냉간 가공시에 금속코핑에 발생한 응력이 열을 가했을 때에 어느 시기에 유리되는가에 대하여 변연 공극의 변화를 측정하여 관찰하였다. 이는 도재소성시에 나타나는 일차적인 변형의 원인으로 근래에 주목되고 있는 이론이다. 냉간가공을 마친 상태에서 재매몰하여 열처리를 하는 방법은 도재소성시에 나타나는 변형을 방지하기 위한 유용한 방법이라 생각된다. 그러나 이는 시간이 많이 소비되는 과정이며 2회의 매몰재 제거과정이 필요하다. 매몰재 제거과정에서는 금속의 소실이 발생할 수 있다. 매몰재 제거 전에 열처리를 하는 방법은 비교적 간단한 과정으로 통법보다는 적은 변연 공극의 변화를 보였다. 이 방법은 재매몰하는 방법보다는 변형량이 많았으나 통계적으로 유의한 차이가 없었고 통상의 방법과는 유의한 차이가 있었다. 그러나 이 방법이 더 얇은 금속의 두께, 즉 냉간 가공의 양이 많아졌을 때에도 같은 효과를 보인다는

보장은 없다. 이 방법이 주조시에 발생하는 응력과 냉간 가공에서 발생하는 응력을 분리할 수 있다고 해도 많은 냉간 가공으로 많은 양의 응력이 발생한다면 변형량이 증가할 수 있기 때문이다. 또 이러한 응력이 많이 발생하게 되는 가공의치 같은 경우에는 더욱 많은 변형량이 예상된다. 이 점에 대하여는 앞으로 더욱 많은 연구가 이루어져야 할 것이라고 생각된다.

## V. 결 론

반복가열시에 나타나는 금속의 변형양상과 열처리방법이 변형에 미치는 영향을 평가하기 위해 통상적인 방법, 즉 주조후 매몰재를 제거하고 냉간가공을 시행한 후 반복가열한 1군과 주조후 매몰재를 제거하기 전에 열처리를 하고 매몰재를 제거한 후 냉간가공을 마친 뒤 반복가열한 2군, 주조후 매몰재를 제거하고 냉간가공을 마친 뒤 재매몰하여 열처리를 시행한 3군으로 나누어 가열단계마다의 변형량을 변연공극에서 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 실험군 모두 1차가열시에 가장 많은 변형량을 보였다.
2. 각 실험군의 1차가열시의 변형량은 통상적인 방법으로 반복가열한 1군이 20-27  $\mu\text{m}$ 로 가장 많았고, 매몰재를 제거하지 않고 열처리를 한 후 반복가열한 2군이 9-13  $\mu\text{m}$ 로, 재매몰한 후에 열처리를 한 후 매몰재를 제거하고 반복가열한 3군이 8-10  $\mu\text{m}$ 로 나타났다.
3. 매몰재 제거전에 열처리를 한 2군이 통법에 따른 1군보다 유의하게 적은 변형을 보였다. ( $p < 0.01$ )
4. 재매몰한 후에 열처리를 한 3군이 통법에 따른 1군보다 유의하게 적은 변형을 보였다. ( $p < 0.01$ )
5. 매몰재 제거전에 열처리를 한 2군과 재매몰한 후에 열처리를 한 3군은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. ( $p > 0.01$ )



## 참 고 문 헌

1. Adair IJ, Pameijer DH, Stallard RE. Modification in design and technique utilizing nonprecious alloys in ceramometal prosthesis. IADR Abstracts 1975 ; 54 : 110.
2. Ando N, Nakamura K, Namiki T, Sugata T, Suzuki T, Moriyama K. Deformation of porcelain bonded gold alloys. J Jpn Soc Appar mater 1972 ; 13 : 237-48.
3. Anusavice KJ, Carroll JE. Effect of incompatibility stress on the fit of metal ceramic crowns. J Dent Res 1987 ; 66 : 1341-1345.
4. Belser VC, Mac Entee MI, Richter WA. Fit of three porcelain-fused-to-metal marginal designs in vivo : A scanning electron microscope study. J Prosthet Dent 1985 ; 53 : 24-29.
5. Bertolotti RL, Moffa JP. Creep rate of porcelain bonding alloys as a function of temperature. J Dent Res 1980 ; 59 : 2062-2065.
6. Bridger DV, Nicholls JI. Distortion of ceramo-metal fixed partial dentures during firing cycle. J Prosthet Dent 1981 ; 45 : 507-514.
7. Bryant RA, Nicholls JI. Measurement of distortions in fixed partial dentures resulting from degassing. J Prosthet Dent 1979 ; 42 : 515-520.
8. Buchanan WT, Svare CW, Turner KA. The effect of repeated firings and strength on marginal distortion on two ceramometal systems. J Prosthet Dent 1981 ; 45 : 502-506.
9. Campbell SD, Pelletier LB. Thermal cycling distortion of metal ceramics. Part I. Metal collar width. J Prosthet Dent 1992 ; 67 : 603-608.
10. Campbell SD, Pelletier LB. Thermal cycling distortion of metal ceramics. Part II. Etiology. J Prosthet Dent 1992 ; 68 : 284-289.
11. Chiche GJ, Pinault A. Esthetics of Anterior Fixed Prosthodontics. Quintessence.1994.
12. Dederich DN, Svare CW, Peterson LC, Turner KA. The effect of repeated firings on the margins of nonprecious ceramometals. J Prosthet Dent 1984 ; 51 : 628-30.
13. De Hoff PH, Anusavice KJ. Effect of metal design on marginal distortion of metal-ceramic crowns. J Dent Res 1984 ; 63 : 1327-1331.
14. Dykema RW, Goodacre CJ, Philips RW. Johnston's Modern practice in fixed prosthodontics. Philadelphia : Saunders, 1986
15. Faucher RR, Nicholls JI. Distortion related to margin design in porcelain-fused-to-metal restorations. J Prosthet Dent 1980 ; 43 : 149-155.
16. Felton DA, Bayne SC, Kanoy BE, White JT. Effect of air abrasives on marginal configurations of porcelain-fused-to-metal alloys : An SEM analysis. J Prosthet Dent 1991 ; 65 : 38-43.
17. Fisher DW, Hobo S, Richter WR. Behavior of the cast metal coping during the porcelain firing cycle [Abstract]. J Dent Res 1984 ; 63 : 215
18. Gemalmaz D, Alkumru HN. Marginal fit changes during porcelain firing cycles. J Prosthet Dent 1995 ; 73 : 49-54.
19. Gemalmaz D, Berksun S, Kasapoğlu C, Alkumru HN. Distortion of metal-ceramic fixed partial dentures resulting from metal-conditioning firing. Quintessence Int 1996 ; 27 : 193-201.
20. Hamaguchi H, Cacciatore A, Tueller VM. Marginal distortion of the porcelain-bonded-to-metal complete crown : an SEM study. J Prosthet Dent 1982 ; 47 : 146-53.
21. Hobo S, Shillingburg HT. Porcelain-fused-

- to-metal tooth preparation and coping design. *J Prosthet Dent* 1973 ; 30 : 28.
22. Huget EE, Vlica J, Wall RM. Characterization of two ceramic base-metal alloys. *J Prosthet Dent* 1978 ; 40 : 637.
  23. Iwashita AH, Kuruki H, Hasvo T, Ishikawa K, Hashimoto K, Harada H, et al. Studies on dimensional accuracy of porcelain fused to precious metal crown. The influence of the porcelain to the metal coping on the porcelain fusing procedure. *Shigako* 1977 ; 65 : 110–125.
  24. Johnston JF, Dykema RW, Cunningham DM. The use and construction of gold crowns with a fused porcelain veneer - a progress report. *J Prosthet Dent* 1956 ; 6 : 811–821.
  25. McLean JW. *The Science and art of dental ceramics Vol I*. Quintessence, Chicago. 1979
  26. Miller LL. Framework design in ceramometal restorations. *Dent Clin North Am* 1977 ; October : 699–716.
  27. Moffa JI, Lugassy AA, Guckes AS, Gettleman L. An evaluation of nonprecious alloy for use with porcelain veneers. Part I : Physical properties. *J Prosthet Dent* 1975 ; 30 : 424.
  28. Mumford G. The porcelain-fused-to-metal restoration. *Dent Clin North Am* 1965 ; 14 : 241–9.
  29. Nielson JP, Tuccillo JJ. Calculation of interfacial stress in dental porcelain bonded to gold alloy substrate. *J Dent Res* 1972 ; 51 : 1043–1047.
  30. Omar R. Scanning electron microscopy of the marginal fit of ceramometal restorations with facially butted porcelain margins. *J Prosthet Dent* 1987 ; 58 : 13–8.
  31. Pascoe DF. Analysis of the geometry of finishing lines for full crown restorations. *J Prosthet Dent* 1978 ; 40 : 157–62.
  32. Philips RW. *Skinner's Science of Dental Materials*. Philadelphia : Saunders, 1982 : 528
  33. Read-Hill RE. *Physical metallurgy principles*. 2nd ed. Boston : PWS Publishers, 1973 : 267–325
  34. Pilo R, Cardash HS, Baharav H, Helft M. Incomplete seating of cemented crowns : a literature review. *J Prosthet Dent* 1988 ; 59 : 429–33.
  35. Preston JD. *Perspectives in Dental Ceramics*. Proceedings of the Fourth International Symposium on Ceramics. Quintessence, Los Angeles, USC. 1988.
  36. Preston JD. Rational approach to tooth preparation for ceramometal restorations. *Dent Clin N Am* 1977 ; 21 : 683–98.
  37. Richiter-Snapp K, Aquilino SA, Svare CW, Turner KA. Change in marginal fit as related to margin design, alloy type and porcelain proximity in porcelain-fused-to-metal restorations. *J Prosthet Dent* 1988 ; 60 : 435–439.
  38. Shelby DS. Practical considerations and design of porcelain fused to metal. *J Prosthet Dent* 1962 ; 12 : 542–6.
  39. Shillingburg HT, Hobo S, Fisher DW. Preparation design and margin distortion in porcelain-fused-to-metal restorations. *J Prosthet Dent* 1973 ; 29 : 276–284
  40. Silver M, Howard MC, Klein G. Porcelain bonded to a cast metal understructure. *J Prosthet Dent* 1961 ; 11 : 132–145.
  41. Silver M, Klein G, Howard MC. An evaluation and comparison of porcelain fused to cast metals. *J Prosthet Dent* 1961 ; 11 : 132–145.
  42. Strating H, Pameijer CH, Gligenhuis RR. Evaluation of the marginal integrity of ceramometal restorations. Part I. *J Prosthet Dent* 1981 ; 46 : 59–65.
  43. Terada Y. Radiograph stress measureme-

- nts of porcelain fused to metal. *J Prosthet Dent* 1984 ; 52 : 349-352.
44. Tuccillo JJ, Nielson JP. Creep and sag properties of a porcelain-gold alloy. *J Dent Res* 1967 ; 46 : 579-583.
  45. Tuccillo JJ, Nielson JP. Interfacial stress measurements in bonded porcelain-gold alloy systems. *J Dent Res* 1971 ; 50 : 131 (Abstr No.315)
  46. Twiggs SW, Searle JR, Ringle RD, Fairhurst CW. A rapid heating and cooling rate dilatometer for measuring thermal expansion in dental porcelain. *J Dent Res* 1989 ; 68 : 1316-8.
  47. Van Rensburg F, Strating H. Evaluation of the marginal integrity of ceramometal restorations. Part II. *J Prosthet Dent* 1984 ; 52 : 210-214.
  48. Warpeha J, Goodkind R. Design and technique variables affecting fracture resistance of metal ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 1976 ; 35 : 291.
  49. Weiss PA. New design parameters - Utilizing the properties of nickel-chromium superalloys. *Dent Clin North Am* 1977 ; 21 : 769.
  50. Yamada HN. *Dental Porcelain : The State of the Art*. Los Angeles, USC. 1977
  51. Yamamoto M. *Metal-ceramics. Principles and methods of Makoto Yamamoto*. Chicago : Quintessence 1985 : 203-18.
  52. Tamura, Katsumi et al. *Ceramo-metal Crown*. Ishiyaku Inc. Tokyo. 1991 이종엽 역. 상아출판사 1995.

## ABSTRACT

### A STUDY ON THE DISTORTION OF THE COPINGS FOR CERAMOMETAL CROWNS DURING REPEATED FIRING

Ki-Hong Lee, Hun-Young Chung, Sun-Hyung Lee, Jae-Ho Yang

*Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Seoul National University*

Ceramometal crowns are common restorations in fixed prosthodontics because of their casting accuracy, the high strength properties of the metal, and the cosmetic appearance of porcelain. However, deterioration of the initial fit of the metal coping has been observed after the porcelain firing cycle. The distortion due to repeated firing makes it difficult to fit crown margin and elicits microleakage. The major causes of distortion are the residual stress that accumulate during wax-up, casting, cold work and the induced stress caused by the mismatch of porcelain-metal thermal contraction. This study examined the marginal fit changes of metal copings in relation to repeated firing and the effects of heat treatment that reduce the distortion resulted from residual stress. The marginal changes of the copings that were treated with conventional method and those treated with heat before repeated firing, were evaluated. The metal die which represented preparations of a maxillary central incisor was fabricated, and 45 wax patterns were cast with nonprecious metal alloys.

The heat treatment of each group was performed as follows.

Group 1(control) : Casting - Devesting - Cold work - Firing

Group 2 : Casting - Heat treatment - Devesting - Cold work - Firing

Group 3 : Casting - Devesting - Cold work - Reinvesting - Heat treatment - Devesting - Firing

The copings were fired 3 times. After each firing, the marginal fit changes were measured with inverted metallurgical microscope at the 4 reference points located at labial, lingual, and both proximal surface. Measurements were compared, and statistically analyzed.

The results were as follows ;

1. In all groups, the highest value of marginal fit changes of the copings studied were found after the first firing cycle.
2. When the distortion of each experimental group at the first firing cycle were compared, group 1 exhibited the greatest changes(20-27 $\mu$ m), followed by group 2(9-13 $\mu$ m), and group 3(8-10 $\mu$ m).
3. The copings treated with heat before devesting(group 2) revealed significantly smaller marginal fit changes than the copings treated with conventional method(group 1). ( $p < 0.01$ )

4. The copings treated with heat after reinvesting(group 3) revealed significantly smaller marginal fit changes than the copings treated with conventional method(group 1). ( $p < 0.01$ )
5. No significant differences in marginal fit changes were found between the copings treated with heat before deinvesting(group 2) and the copings treated with heat after reinvesting(group 3). ( $p > 0.01$ )

---

Key words : distortions, heat treatment, reinvesting, marginal gap