

인공타액에 노출되었던 금속도재관의 재소성이 색조와 표면기포 형성에 미치는 영향에 관한 연구

박지현 · 여인성 · 김성훈 · 한중석 · 이재봉 · 양재호*

서울대학교 치과대학 보철학교실

연구 목적: 본 연구에서는 인공타액에 노출되었던 금속도재 수복물의 재소성이 도재 표면의 색조와 표면기포에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

연구 재료 및 방법: 지름 10 mm, 두께 0.5 mm의 metal coping을 디스크 형태로 제작한 후 도재를 축성하여 금속 도재 수복물을 제작한 후, 표면의 색조를 spectroradiometer를 이용하여 측정하고, 표면기포의 수와 크기를 실체현미경으로 측정하였다. 인공타액에 7일간 담근 후 glazing firing 과정에 따라 재소성하였고, 재소성 후의 표면 색조, 표면기포의 수와 크기를 측정하였다. 재소성 전후의 색조 차이는 ΔE 로 표현하였고, 표면기포의 수는 paired t-test, 표면기포의 크기는 student t-test로 분석하였다 ($\alpha=0.05$).

결과: 소성 전후 측정된 CIE Lab 값을 이용하여 계산한 결과, $\Delta E=2.14$ 로 관찰되었다. 각 시편내의 표면기포 개수는 소성 전 1.33 ± 1.49 개, 소성 후 3.27 ± 2.90 개로 측정되었으며, 소성 후 표면기포 개수는 통계적으로 유의하게 증가하였다 ($P<0.05$). 각 시편내의 표면기포 크기는 소성 전 $81.97 \pm 32.03 \mu m$, 소성 후 $142.94 \pm 47.40 \mu m$ 로 측정되었으며, 소성 후 표면기포 크기는 통계적으로 유의하게 증가하였다 ($P<0.05$).

결론: 소성 전후의 색변화가 인지되기는 하지만, 임상적으로 허용할 수 있는 정도였다. 재소성으로 도재 표면기포의 개수와 크기가 유의하게 증가하는 것으로 나타나서, 도재의 구강의 수리 시에 발생하는 표면 기포를 줄이기 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다. (대한치과보철학회지 2011;49:161-7)

주요단어: 금속도재관, 재소성, 색조, 표면기포

서론

금속도재 수복물은 임상적으로 훌륭하게 적용되어 온 주요 수복재료 중의 하나이다. 금속도재 수복물은 저렴한 비귀금속으로 코어를 형성하고, 이 코어를 덮는 도재는 생체 적합성이 뛰어난 장점이 있다. 하지만 금속 코어 제작 시 발생하는 산화막을 처리하는 과정과 도재 축성 및 소성과정에서 세심한 주의가 필요한데, 이러한 과정들에서의 처리방법에 따라 수복물의 강도와 심미성이 직접적인 영향을 받기 때문이다. 금속도재 수복물은 도재 축성 과정에서¹ 내재적으로 기포를 가지고 있을 수 밖에 없으나 진공소성을 통해 이러한 기포는 점차 줄어들어 크게 중요하지 않게 된다. 다만, 몇 번의 소성 후에 발생하는 기포는 부적절한 주조방법, 불충분한 금속처리 및 습기 조절의 소홀이 그 원인이므로, 결국 도재를 제거하고 처음부터 도재 축성을 다시 해야 하는 상황을 초래한다 (Fig. 1).¹

한편, 수복물의 제작을 위해 반드시 거쳐야 하는 소성 사이클 외에도 금속도재 수복물이 추가적인 소성을 겪는 경우가 있다. 구강 내에 임시 장착된 기간에 도재가 파절될 수 있고, 낮은 교합으로 인해 도재를 첨가해야만 하는 경우가 발생한다. 또한 수정이 가능한 (retrievable) 유형의 임플란트 보철물에서 오래 기능한 금속 도재 수복물이 파절된 경우 역시 도재의 첨

가로 간단하게 문제를 해결할 수 있다. 자연치 수복물에 비해 임플란트 수복물에서 도재파절의 빈도가 높다고 보고되고 있으며,² 이는 임플란트 수복물의 구강 외 수리의 필요성을 증가시키는 것이다.

흔히 금속 도재 수복물의 수리에 관한 연구는 구강 내에서 콤포지트 레진을 이용한 방법과 비니어 형태의 금속 도재 수복물을 제작하여 파절된 수복물 위에 합착시키는 방법에 대하여 주로 이루어졌다.³ 하지만 금속 도재 수복물을 일시적으로 구강 내에서 제거하여 도재를 추가로 축성하는 방식으로 이루어지는 구강 외 수리방법에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 또한 지금까지 도재의 반복적인 소성에 대한 연구는 반복 소성에 의한 도재 색조의 변화 여부와 반복 소성으로 인한 도재 내 leucite 함량 변화에 따른 금속과의 열팽창계수 부조화 문제에 집중되어 있었다.^{4,7}

구강 내 환경에 노출된 도재는 수분에 의한 aging이 일어나게 되며,⁸ 구강 내 각종 유기물질에 의해 오염된다. 구강 내에서 기능하던 도재를 구강 외에서 수리하는 경우에 도재 축성 전에 이런 유기물질의 제거 과정이 필요하다. Fig. 2의 두 금속도재 수복물은 각각 약 6개월간 구강 내에서 기능하다가 임플란트의 실패로 인해 제거된 것들이다. 좌측의 수복물은 아세톤에 3시간 담근 후 스팀 세척기를 적용한 후 전기로 앞에서 계류시

*교신저자: 양재호

110-749 서울특별시 종로구 창경궁로 62 서울대학교 치과대학 치과보철학교실 02-2072-2661; e-mail, jhyang@snu.ac.kr

원고접수일: 2010년 10월 13일 / 원고최종수정일: 2010년 11월 29일 / 원고채택일: 2011년 2월 14일

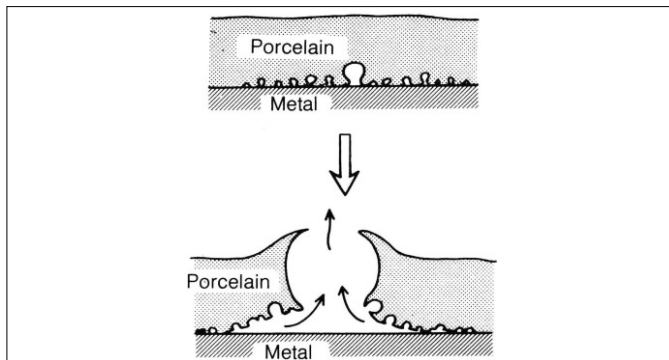


Fig. 1. Generated large bubble.

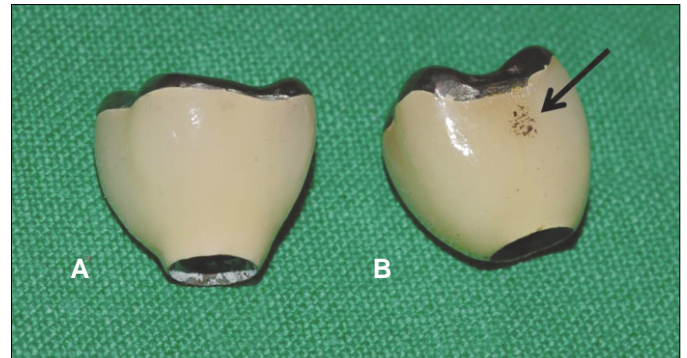


Fig. 2. Effect of immersion in acetone. A: Removal of organic materials, B: Combustion of organic materials.



Fig. 3. Procedure of specimen fabrication. A: Metal coping, B: Mold for porcelain build up, C: fabricated specimens.

킨 것이고, 우측의 수복물은 스팀 세척기만을 적용한 후 전기로 앞에서 계류시킨 것이다. 치과 기공사들은 도재 수리 시 나타나는 표면기포를 회피하기 위해 경험적으로 발견한 몇 가지 방법을 이용한다. 기공소에 따라서, 과산화수소 또는 아세톤에 담근 후 도재 축성을 실시하면 표면의 기포발생이 줄어든다는 주장이 있다. 아세톤 처리를 하지 않은 우측 수복물의 인접면에서 스팀 세척기만으로는 제거되지 않는 유기물질의 연소물이 확인된다. 즉, 구강 내에서 기능하던 보철물의 구강 외 수리 시에는 반드시 오염물질 제거 과정이 동반되어야 함을 알 수 있다. 이처럼 금속도재 수복물의 구강 외 수리를 위한 소성과정은 수복물을 제작하기 위한 소성 과정과 차이가 있다. 그러나, 글레이징이 완료된 상태로 구강 내에 장착되어 구강 내에서 수분과 유기 물질에 노출되었던 금속도재 수복물의 반복적인 소성이 도재 표면에 미치는 영향에 대한 연구는 없었다.

따라서 본 연구에서는 인공타액에 노출되었던 금속도재 수

복물을 대상으로 도재 색조에 대한 재소성의 영향과 도재 수복물의 심미에 중대한 영향을 미치는 도재 표면 기포 형성에 대한 재소성의 영향을 알아보고자 한다.

연구 재료 및 방법

1. 시편 제작

지름 10 mm, 두께 0.5 mm의 Ni-Cr alloy (Rexillum III; Pentron, San Diego, USA) disk 30개를 제작하였다. 도재 축성을 용이하게 하기 위한 작업선을 부착하였으며, 이러한 압정모양의 시편에 균일하게 도재를 축성하기 위한 황동몰드를 제작하였다 (Fig. 3). 디스크는 통법대로 degassing을 실시하고, 산화막을 제거하였다. 도재 파우더 Super Porcelain EX-3 (Noritake, Tokyo, Japan)를 황동몰드를 이용하여 1 mm 두께로 축성 및 소성하였다 (Table 1).

Table 1. Firing procedures

	Starting temperature	Dried temperature time	Temperature rise per minute	Firing temperature	Firing temperature time	Vacuum starting temperature	Vacuum finishing temperature
First opaque firing and second opaque firing	600℃	8 min	55℃	945℃	30 sec	700℃	945℃
Dentin firing	600℃	5 min	55℃	930℃	1 min	700℃	930℃
Enamel firing	600℃	5 min	55℃	915℃	1 min	700℃	915℃
Glaze firing	600℃	3 min	55℃	905℃	1 min	700℃	905℃

2. 색조 측정 및 기포 관찰

소성을 마친 30개의 시편들을 Spectroradiometer (SpectraScan PR670; PhotoResearch Inc, Chatsworth, CA, USA)를 이용하여 CIE tristimulus values X, Y, Z를 구하고 변환식을 통해 CIE Lab 값으로 전환하였다. 각 시편 당 3회씩 측정하여 평균하였다. 도재 표면의 기포 관찰은 실체현미경 SMZ-U (NiKon, Tokyo, Japan) 을 이용하여 $\times 20$ 배로 확인 가능한 도넛 모양의 기포를 관찰하고 현미경에 연결된 프로그램인 NIS-ELEMENTS F 2.20 (NiKon, Tokyo, Japan) 으로 기포의 수와 크기를 측정하였다. 각 시편 당 3회씩 측정하여 확인 가능한 모든 기포를 촬영하였다.

3. 인공 타액에 침적 및 재소성

색조 측정 및 기포 관찰을 마친 시편들을 인공타액인 Taliva (Hanlim Pharm Co Ltd, Seoul, Korea)에 실온에서 담가 두었다. 7일 후 시편을 인공타액에서 꺼내어 아세톤에 3시간 동안 담근 후 스팀 세척기로 세척하고 글레이징 소성의 과정을 따라 재소성 하였다.

4. 재소성 후 색조 측정 및 기포 관찰

재소성을 마친 시편들을 위 2의 방법대로 색조 측정을 하고 기포의 수와 크기를 관찰하였다.

5. ΔE 측정

$\Delta E = \{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2\}^{1/2}$ 을 통해 ΔE 를 계산하였다.

6. 재소성 전후 기포의 수와 크기 변화에 대한 통계 분석

재소성 전후 기포의 수 변화에 대하여 신뢰구간 95%수준으로 paired t-test를 이용하여 분석하였고, 재소성 전후 기포의 크기 변화에 대하여는 신뢰구간 95%수준으로 student t-test를 이용하여 분석하였다.

결과

1. 색조 변화

재소성 전후 CIE Lab 값의 변화를 Table 2에 정리하였다. 시편들의 평균 ΔE 는 2.14로 계산되었다.

2. 재소성 전후 기포의 수 변화

재소성 전의 기포의 수는 1.33 ± 1.49 개, 재소성 후의 기포의 수는 3.27 ± 2.90 개로 나타났으며 (Table 3), paired t-test 결과, 재소

Table 2. Change in shade after re-firing

	Mean	SD
$L_1 - L_2$	2.036	0.963
$a_1 - a_2$	0.260	0.089
$b_1 - b_2$	-0.209	0.19
ΔE	2.140	0.822

Table 3. Change in number of air bubbles after re-firing

	Number of specimens	Number of air bubbles	Mean	SD
Before re-firing	30	40	1.33	1.49
After re-firing	30	98	3.27	2.90

Table 4. Change in size of air bubbles after re-firing (unit: μm)

	Mean	SD
Before re-firing	81.97	32.03
After re-firing	142.94	47.40

성 전후의 기포의 수에는 유의한 차이가 있었다 ($P=0.0026$).

3. 재소성 전후 기포의 크기 변화

재소성 전의 기포의 크기는 $81.97 \pm 32.03 \mu m$, 재소성 후의 기포의 크기는 $142.94 \pm 47.40 \mu m$ 로 나타났으며 (Table 4), student t-test 결과, 재소성 전후의 기포의 크기에는 유의한 차이가 있었다 ($P=3.67E-14$).

기포의 수와 크기의 변화가 관찰된 대표적인 시편사진을 Fig. 4에 나타내었다.

고찰

구강 내 환경에 다양한 기간 동안 노출되어 있던 금속도재 수복물에 도재를 추가로 축성하기 전 도재 표면의 오염물질에 대한 제거가 필수적이다. 도재 비니어의 경우 구강내의 시적 과정에서 발생한 타액 오염을 제거하는 방법으로 아세톤, 인산, acidulated phosphate fluoride 등이 고려되고 있으며,⁹⁻¹² 지르코니아 표면의 오염물질을 제거하는 방법으로는 알콜, 아세톤, 인산, airborne-particle abrasion 등이 고려되고 있다.^{13,14} 본 연구는 보철물 내면의 오염을 다룬 기존의 연구들과 달리 보철물 외면의 오염을 대상으로 한 것이어서 도재 표면의 부식을 유발할 수 있는 인산보다는 아세톤을 선택하여 오염을 제거하였다.

도재에 대한 여러 번의 소성이 색조에 미치는 영향에 대하여는 오랜 연구들이 있어 왔다. Barghi 등¹⁵은 소성 과정이 주의 깊게 진행되기만 한다면, 반복 소성 후에도 도재의 색은 안정적이라고 하였다. 한편, Barghi 등¹⁶은 4가지 귀금속 합금에 적용된

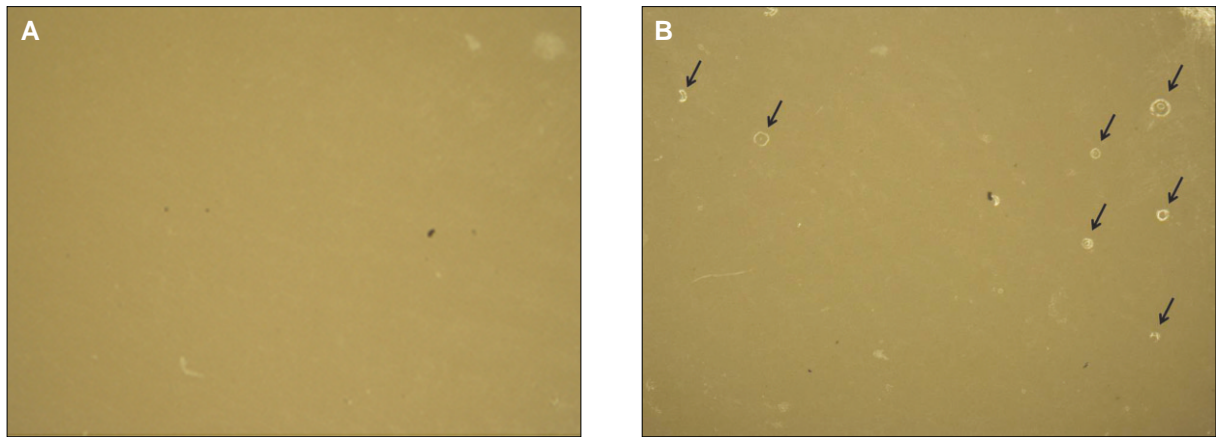


Fig. 4. Increase of air bubbles on porcelain surface after re-firing was detected in the stereomicroscope images. (arrows) (Original magnification, $\times 20$).
A: Before re-firing, B: After re-firing.

도재의 색 변화에 대한 반복소성의 효과를 연구하였고, Jorgenson 등¹⁷은 한 가지 귀금속에 적용된 3종류 도재의 색에 대한 반복소성의 효과를 연구하였다. 이 연구들은 도재 색에 대하여 반복소성의 영향이 없음을 보여 주었다. ΔE 값은 전반적인 색조의 변화가 사람에게 인식될 수 있는 지를 나타내기 위해 이용된다. Seghi 등¹⁸은 $\Delta E < 1$ 이면 평균적인 관찰자 (average observer)가 차이를 인식할 수 없다고 했으며, $1 < \Delta E < 2$ 이면 정확한 평가의 빈도가 높아지다가, $\Delta E > 2$ 이면 모든 관찰자가 두 색의 차이를 인식할 수 있다고 하였는데, Johnston 등¹⁹은 $\Delta E < 3.7$ 이면 임상적으로 받아들일 수 있다고 하였고, Douglas 등²⁰은 $\Delta E = 2.6$ 이면 치과의사 50%가 색 차이를 인식하지만, $E < 5.5$ 이면 임상적으로 받아들일 수 있다고 하였다. 그러나, 최근에 이루어진 Yilmaz 등²¹의 연구는 7가지 금속도재 합금에 적용된 opaque 도재에 대한 반복소성으로 도재 색에 유의한 변화가 있다고 밝히고 있으며, 다만 $\Delta E < 2.6$ 으로 사람이 색 변화를 인식할 정도는 아니라고 하였다. 한편, Uludag 등²²과 Ozturk 등²³은 전부 도재 코어에 적용한 도재에 대한 반복소성으로 인해 사람이 인식할 만한 색변화가 있다고 하였다. 이번 실험에서 ΔE 의 평균은 2.14로서 선행들의 연구를 참고하면, 색변화가 인식되기는 하지만, 임상적으로 받아들일 수 있는 정도라고 하겠다.

이번 실험에서 소성 전후의 기포수와 크기를 관찰하기 위하여 실체현미경을 이용하였다. 구강 내에서 기능하던 보철물 표면에 대한 소성의 효과를 확인하는 것이 연구의 목적이어서, 고배율로 기포를 관찰하며 보철물 내 기포의 균등한 분포를 가정하는 방법^{24,25}은 적당하지 않았다. 실제로, 실체 현미경으로 관찰한 결과 확인 가능한 도넛 모양의 기포들은 균등하게 분포하지 않았다. 분석을 위한 적절한 영상을 얻기 위해 주사전자현미경을 고려할 수도 있으나 주사전자현미경 촬영을 위한 시편 표면 코팅이 촬영 후에 진행될 소성과정에 영향을 미칠 수 있어서 선택하지 않았고, 시편 표면에 코팅을 하지 않

고 표면을 촬영할 수 있는 저진공 주사전자현미경은 300배 이상의 고배율로만 촬영이 가능하여 시편 전체를 관찰하려 하는 의도에 부합하지 않아서 사용하지 않았다.

다양한 이미지 분석 프로그램을 통해 기포의 수와 크기를 측정한 연구가 있었는데,^{25,26} 이들 연구에서는 이미지 분석에 적절한 영상을 얻기 위해 시편 표면을 연마하여 글레이즈를 제거한 후 기포를 촬영하였다. 이 역시 소성 전후의 도재 수복물의 온전한 표면을 관찰하고자 하는 의도와 부합하지 않았다. 위와 같은 이유로 시편의 도재 표면은 글레이징된 상태로 실체현미경을 이용하여 각 시편 당 3회씩 촬영하여 현미경 시야에 보이는 표면 기포를 최대한 담으려고 하였고, 반짝이는 도넛 모양의 테두리를 가지는 표면의 기포만을 세고, 그 지름을 측정하였다.

다만, 실체현미경의 광원에서 나온 빛이 도재 표면의 글레이즈에 반사되어서 시편의 테두리 부분은 측정이 불가능하였으며, 결국 시편의 중앙을 중심으로 전체 면적의 약 60% 정도만을 대상으로 측정, 분석하였다. 실체현미경을 통해 확인할 수 있는 완전한 도넛모양의 기포들 중 가장 작은 것은 지름 45 μm , 가장 큰 것은 지름 332 μm 에 달하였다.

치과용 도재의 기포는 빛을 산란시키고, 투과성 (translucency)를 감소시키며 응력을 집중시킬 수 있어서 심미성과 강도를 저해시킨다.²⁵ 이번 실험에서 소성 전후 관찰된 시편의 기포들은 그 수와 크기에서 모두 유의하게 증가하였다. 치과용 도재의 기포형성의 원인으로 몇 가지를 고려할 수 있다. 도재 축성 중에 도재 형태의 유지를 위해 vibration을 조심스럽게 할 수 밖에 없고, 실질적인 기포가 형성된다.²⁵ 그런데 이 기포들은 진공소성으로 작아지게 마련인데, 전기로 머플란의 공기압이 진공펌프에 의해 대기압의 약 1/10정도로 감소되면, 입자들 주위의 공기 또한 이 압력으로 감소된다. 소결 후 도재 내의 기포들이 폐쇄된 상태로 형성되고, 진공이 해제되어 기압이 10배로 증가하면, 기포들이 1/10 크기로 압축된다. 모든 공기를 전기로

에서 빼낼 수는 없으나, 진공소성으로 현저히 작은 기포를 형성하게 된다.²⁷ 이 때 기포 부피의 감소 정도는 소결 시간, 온도, 압력, 글라스 점도에 의해 결정된다.²⁵ Powder/ liquid ratio 역시 전체적인 기공성 (porosity)에 영향을 준다.²⁸

Cheung 등²⁵은 추가적인 검사가 필요한 부분이긴 하지만, 소결 중에 일어나는 화학반응에 의해 실리카 글라스가 고온에서 물과 반응하여 탈수반응이 일어나고 그 결과 가스를 발생할 수 있다고 하였다. Palladium oxide도 고온에서 분해되어 산소를 방출하고, 금속 도재 계면에서 기포를 유발시킬 수 있다고 보고되었다.²⁶

도재에 기포를 형성하는 가장 주된 원인으로 주목되는 것은 금속표면의 오염물질이다. 금속표면에 미량의 연마제 입자와 결합제 등의 이물, 기름기 등의 가스유발 물질, 금속 표면의 미세한 오목면 속에 잔류하는 공기, 가열 시에 금속에서 방출된 가스등은 도재 축성 때 말려든 기포와는 달리 가스를 유발하여 소성 싸이클을 계속하면 확장하는 경향이 있고, 도재의 두께가 얇은 부분, 온도가 상승하기 쉬운 부분, 처음부터 비교적 큰 기포가 발생한 부분으로 이동 집중하는 성질이 있고, 그 결과 화산형의 대기포가 발생하여 재제작을 해야 하는 경우가 많다.' 이번 실험의 결과 기포의 크기가 유의하게 증가하였는데, 금속표면의 오염이 가장 큰 원인일 것이라 추측할 수 있다.

구강 내에서 장시간 동안 기능하던 금속도재 수복물을 수리하는 경우에 구강내의 유기물질이 도재 표면의 작은 기포에서부터 시작된 subcritical crack에 흡착되어 있다가 가열되면서 gas를 형성하게 되고 결국 표면의 기포를 형성할 수 있지 않을까 추측해 볼 수 있다. 이번 실험에서는 모든 시편을 인공타액에 7일간 침적시킨 후 아세트에 3시간 동안 담가 유기물질을 제거하였다. 이번 실험의 결과를 보면 소성 후에도 실체현미경하에서 기포를 관찰할 수 없는 시편도 있는 것으로 보아 인공타액에서 유래한 도재 표면의 유기물질은 소성 시에 기포를 유발하지는 않거나, 혹은 소성 시 기포를 형성할 수 있는 유기물질이 아세트 세척과 전기로 앞에서의 건조 과정을 거쳐 제거되었다고 볼 수 있다. 추후, 재소성시 구강 내 유기 물질에 의해 도재 표면에 기포가 형성되는지 확인하는 실험이 추가적으로 필요하다고 사료된다.

결론

구강 내 임시 장착된 금속도재 수복물의 구강 외 수리는 추가적인 도재 소성을 요구하게 되는데, 이때 수복물에 초래되는 변화를 분석하는 방법으로 인공타액에 담근 지름 10 mm, 두께 1.5 mm의 금속 도재 디스크를 이용하여 소성 전후의 색조 변화와 표면 기포의 개수 및 크기 변화를 측정하였고, 본 연구의 한계 내에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 소성 전후 측정한 CIE Lab 값을 이용하여 계산한 결과, $\Delta E = 2.14$ 로서 그 색변화가 인식되기는 하지만, 임상적으로 받아들일 수 있는 정도였다.

2. 각 시편내의 표면기포 개수는 소성 전 1.33 ± 1.49 개에서 소성 후 3.27 ± 2.90 개로 통계적으로 유의하게 증가하였다 ($P < .05$).
3. 각 시편내의 표면기포 크기는 소성 전 $81.97 \pm 32.03 \mu m$ 에서 소성 후 $142.94 \pm 47.40 \mu m$ 로 통계적으로 유의하게 증가하였다 ($P < .05$).

참고문헌

1. Yamamoto M. Metal-Ceramics. Chicago: Quintessence Publishing Co., 1985. pp. 119-34.
2. Pjetursson BE, Brägger U, Lang NP, Zwahlen M. Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). Clin Oral Implants Res 2007;18:97-113.
3. Galiatsatos AA. An indirect repair technique for fractured metal-ceramic restorations: a clinical report. J Prosthet Dent 2005;93:321-3.
4. Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. J Prosthet Dent 1996;75:18-32.
5. Stannard JG, Marks L, Kanchanatawewat K. Effect of multiple firing on the bond strength of selected matched porcelain-fused-to-metal combinations. J Prosthet Dent 1990;63:627-9.
6. Mackert JR Jr, Williams AL. Microcracks in dental porcelain and their behavior during multiple firing. J Dent Res 1996;75:1484-90.
7. Isgrò G, Kleverlaan CJ, Wang H, Feilzer AJ. The influence of multiple firing on thermal contraction of ceramic materials used for the fabrication of layered all-ceramic dental restorations. Dent Mater 2005;21:557-64.
8. Ritter JE. Predicting lifetimes of materials and material structures. Dent Mater 1995;11:142-6.
9. Calamia JR. Etched porcelain veneers: the current state of the art. Quintessence Int 1985;16:5-12.
10. Clyde JS, Gilmour A. Porcelain veneers: a preliminary review. Br Dent J 1988;164:9-14.
11. Nicholls JJ. Tensile bond of resin cements to porcelain veneers. J Prosthet Dent 1988;60:443-7.
12. Aboush YE. Removing saliva contamination from porcelain veneers before bonding. J Prosthet Dent 1998;80:649-53.
13. Phark JH, Duarte S Jr, Kahn H, Blatz MB, Sadan A. Influence of contamination and cleaning on bond strength to modified zirconia. Dent Mater 2009;25:1541-50.
14. Yang B, Wolfart S, Schamberg M, Ludwig K, Adelung R, Kern M. Influence of contamination on zirconia ceramic bonding. J Dent Res 2007;86:749-53.
15. Barghi N, Goldberg. Porcelain shade stability after repeated firing. J Prosthet Dent 1977;37:173-5.
16. Barghi N, Richardson JT. A study of various factors influencing shade of bonded porcelain. J Prosthet Dent 1978;39:282-4.
17. Jorgenson MW, Goodkind RJ. Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings. J Prosthet Dent 1979;42:96-105.
18. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric

- assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989;68:1760-4.
19. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68:819-22.
 20. Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent* 2007;97:200-8.
 21. Yilmaz B, Ozcelik TB, Wee AG. Effect of repeated firings on the color of opaque porcelain applied on different dental alloys. *J Prosthet Dent* 2009;101:395-404.
 22. Uludag B, Usumez A, Sahin V, Eser K, Ercoban E. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of ceramic systems: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2007;97:25-31.
 23. Ozturk O, Uludag B, Usumez A, Sahin V, Celik G. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of two all-ceramic systems. *J Prosthet Dent* 2008;100:99-106.
 24. Jones DW, Wilson HJ. Porosity in dental ceramics. *Br Dent J* 1975;138:16-21.
 25. Cheung KC, Darvell BW. Sintering of dental porcelain: effect of time and temperature on appearance and porosity. *Dent Mater* 2002;18:163-73.
 26. Hofstede TM, Ercoli C, Graser GN, Tallents RH, Moss ME, Zero DT. Influence of metal surface finishing on porcelain porosity and beam failure loads at the metal-ceramic interface. *J Prosthet Dent* 2000;84:309-17.
 27. Anusavice KJ, Phillips, RW. Phillips' science of dental materials. 7th ed., New York: Elsevier; 2003. pp. 672.
 28. Zhang Y, Griggs JA, Benham AW. Influence of powder/liquid mixing ratio on porosity and translucency of dental porcelains. *J Prosthet Dent* 2004;91:128-35.

Influence of porcelain re-firing on the formation of surface bubble and on the change in shade of metal-ceramic crown exposed to artificial saliva

Ji-Hyun Park, DDS, MSD, In-Sung Yeo, DDS, MSD, PhD, Sung-Hun Kim, DDS, PhD,
Jung-Suk Han, DDS, MSD, PhD, Jai-Bong Lee, DDS, MSD, PhD, Jae-Ho Yang*, DDS, MSD, PhD
Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Korea

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the influence of porcelain re-firing on the formation of surface bubble and on the change in shade of metal-ceramic crown exposed to artificial saliva. **Materials and methods:** Thirty disk-shaped specimens were made in 10 mm diameter with 0.5 mm metal core thickness and 1 mm ceramic thickness. A spectroradiometer was used to determine the CIE Lab coordinates. The number and size of surface bubble were observed with a stereomicroscope. After the exposure to artificial saliva for 7 days, re-firing was performed at glazing temperature. After re-firing, the CIE Lab were calculated, and the number and size of surface bubble were observed again. The change in shade was expressed with ΔE . Statistical analysis was done with paired t-test for the change in the number of surface bubble and student t-test for the change in the size of surface bubble ($\alpha = 0.05$). **Results:** Shade difference was calculated 2.14 ΔE units. The mean number of surface bubble was 1.33 ± 1.49 before re-firing, 3.27 ± 2.90 after re-firing. After re-firing, the number of surface bubble was significantly increased ($P < .05$). The mean size of surface bubble was $81.97 \pm 32.03 \mu m$ before re-firing, $142.94 \pm 47.40 \mu m$ after re-firing. After re-firing, the size of surface bubble was significantly increased ($P < .05$). **Conclusion:** Shade change after re-firing was perceptible ($\Delta E < 2.0$) and clinically acceptable ($\Delta E < 3.7$). The number and size of surface bubble was significantly increased after re-firing. Further investigation to decrease the surface bubble on the extra oral repair of metal-ceramic crown, will be needed in future study. (*J Korean Acad Prosthodont* 2011;49:161-7)

Key words: Metal ceramic crown, Re-firing, Shade, Surface bubble

*Corresponding Author: **Jae-Ho Yang**

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Seoul National University, 62 Changgeonggungno, Jongno-Gu, Seoul, 110-749, Korea
+82 2 2072 2661: e-mail, jhoyang@snu.ac.kr

Article history

Received October 13, 2010 / Last Revision November 29, 2010 / Accepted February 14, 2011