

## 소독제가 초경석고의 물리적, 기계적 특성에 미치는 영향

모성은<sup>1</sup>, 김대영<sup>1</sup>, 김근호<sup>1</sup>, 오승한<sup>2,3</sup>, 배지명<sup>2,3,4\*</sup>

원광대학교 치과대학<sup>1</sup>, 원광대학교 치과대학 치과생체재료학교실<sup>2</sup>,  
원광대학교 생체재료-매식연구소<sup>3</sup>, 원광대학교 골격계질환연구소<sup>4</sup>

〈Abstract〉

### Effects of Disinfectants on the Physical and Mechanical Properties of Improved Dental Stone

Seung-Eun Mo<sup>1</sup>, Dae-Yeong Kim<sup>1</sup>, Geun-Ho Kim<sup>1</sup>, Seung-Han Oh<sup>2,3</sup>, Ji-Myung Bae<sup>2,3,4\*</sup>

College of Dentistry, Wonkwang University<sup>1</sup>,

Department of Dental Biomaterials, College of Dentistry, Wonkwang University<sup>2</sup>,

Institute of Biomaterial-Implant<sup>3</sup>, Institute of skeletal disease<sup>4</sup> of Wonkwang University

The aim of this study was to compare the effects of disinfectants on the physical and mechanical properties of improved dental stone and to investigate the possibility of clinical application of new disinfectant. Commercial disinfectants, 1% sodium hypochlorite solution and 2% glutaraldehyde, and a new disinfectant, 0.55% ortho-phthalaldehyde(OPA), were mixed with improved dental stone. Dimensional changes of improved dental stone mixed with each disinfectant were measured by extensometer. Vickers hardness was measured after 24 hours on final setting under the load of 2000 g for 10 seconds. Initial setting time was measured by using 1/4 lb (0.11 kg) gilmore needle and final setting time was measured by using 1 lb (0.45 kg) gilmore needle. OPA showed the lowest dimensional change among all the groups, the highest vickers hardness among the experimental groups and the longest setting time among all the groups. Ortho-phthalaldehyde is considered to be used clinically as disinfectant on improved dental stone due to low dimensional change and high hardness.

*Key words*: Dimensional change, Vickers hardness, Setting time, Improved dental stone, Ortho-phthalaldehyde

## I. INTRODUCTION

석고는 가격이 싸고, 미세부 재현성이 우수하다는 장점 때문에 치의학에서 모델 및 다이용 재료로 가장 널리 사용되고 있는 재료이다. 특히 다이용으로 사용하는 석고는 표면 경도

가 커야 하므로 석고의 유형 중에서 type IV를 주로 사용하고 있다. 모델 및 다이는 환자의 인상을 채득한 음형 인기에 석고를 부어서 만든다. 이러한 과정에서 음형 인기에 있던 병원균이 석고로 전달되며, 석고 모형을 다루는 치과종사자들은 B형 간염과 C형 간염, 후천성 면역결핍 증후군, 헤르페스 바이러스 감염증 등과 같은 질병의 위험에 노출 되어 있다(Leung RL 등, 1983; Mitchell DL 등, 1997; 김연웅, 2003; Ronald L. Sakaguchi, 2012). 이는 교차 오염의 위험성을 증가시키며, 인상체와 석고 모형을 다루는 치과종사자들에게 병원균을 전파하는 근원이 된다. 치과의사들이 진료 환경이 질병의 원천

\* Correspondence: 배지명 (ORCID ID: 0000-0002-8607-8604 )  
(54538) 전북 익산시 익산대로 460, 원광대학교 치과대학  
치과생체재료학교실  
Tel: +82-63-850-6859, Fax: +82-63-850-6859  
E-mail: baejimy@wku.ac.kr

Received: Jul. 7, 2016; Revised: Aug. 22, 2016; Accepted: Aug. 22, 2016

이라는 인식을 가지는 것도 같은 맥락이라 볼 수 있다. 이러한 위험성을 해결하기 위해 석고 소독의 필요성이 제기되어 왔다.

현재 석고를 소독하는 대표적인 소독제로는 10% povidone-iodine, 2% glutaraldehyde와 2%의 chlorhexidine, 흔히 표백제로 알려진 1%의 sodium hypochlorite 등이 있다(Ivanovski S., 1995). 이러한 소독제들을 이용하여 소독하는 방법도 여러 가지이다. 가장 많이 사용하는 방법은 석고를 소독액에 일정한 시간 동안 침전하는 방법(immersion), 석고 모형에 소독액을 스프레이하는 방법, 그리고 석고 가루와 소독제를 적정 비율로 혼합하여 소독하는 방법이 있다. 침전법과 스프레이하는 방법의 항균성은 동일하다(Emad Wadie Estafanous, 2012). 하지만 석고 모형에 소독제를 혼합하는 방법에 대한 연구는 상대적으로 적은 편이다.

기존의 소독액으로 석고를 소독할 경우, 석고의 기계적 특성이 저하되는 문제점이 발생하였다. 0.525% NaOCl, 10% povidone-iodine, 2% glutaraldehyde를 소독제로 사용했을 경우, 소독제를 사용하지 않은 석고 보다 평균 압축강도가 감소하였다(Abdelaziz 등, 2002). 대부분 재료에서 압축강도와 경도는 비례한다. 만약 경도가 감소하면 마모저항성이 낮아져 석고를 조각할 때 마모가 잘되는 문제가 생길 수 있다(Ronald L. Sakaguchi, 2012). 또한 glutaraldehyde의 경우 ortho-phthalaldehyde(OPA)보다 항균 효과는 작고, 흡입독성은 더 크다(Akamatsu T, 2005).

따라서 석고모형의 경도를 덜 감소시키고, 크기변화에 큰 영향이 없는 새로운 소독제가 필요하다. OPA는 기존의 석고 소독에 사용되지 않은 내시경 의료가기나 마취 기구의 소독 등에 사용되고 있는 소독제로서 일부 의료계에서 사용되고 있다. OPA액은 미국 FDA의 공인을 받아 인체에 무해하고 높은 살균력을 가졌다고 알려져 있다(William A. Rutala와 David J. Weber, 2001). OPA가 glutaraldehyde보다 세균 감소 시간이 대략 6분의 1정도로 소독의 효율성 측면에서 OPA가 glutaraldehyde보다 우수하였다(Gregory 등, 1999). Glutaraldehyde는 5개의 탄소에 2개의 알데하이드가 결합된 알데하이드계 소독물질로서 산화되려는 성질을 가지고 있다. Glutaraldehyde는 세균 표면에 있는 암모니아, 1차 아민, 2차 아민을 포함하는 단백질과 결합하여 세균을 사멸시킨다(이인

석, 2007). OPA 또한 알데하이드계 소독제이지만, glutaraldehyde와 달리 2개의 알데하이드가 이중결합을 하고 있으며 탄소 5개가 벤젠고리를 형성하는 구조를 가지고 있다. 이 구조는 지질층을 보다 쉽게 통과하여 1차 아민, 2차 아민을 포함하는 단백질과 결합하여 세균을 사멸시킨다. 이와 같은 화학적 구조의 차이는 OPA가 glutaraldehyde 보다 더 강한 살균 효과를 가질 수 있도록 해준다(이인석, 2007).

OPA는 glutaraldehyde와 달리 활성화시키는 물질이 필요하지 않아 개봉 후 바로 사용 가능하다. OPA는 결핵균과 B형 간염 바이러스를 포함한 각종 세균에 대해 살균 효과를 지니고 있으며, 5분 이내로 높은 소독 효과를 가져 glutaraldehyde와 동일한 살균 효과를 얻을 때까지의 시간은 glutaraldehyde 보다 짧다. 인체에 대한 부작용 측면에서도 OPA가 glutaraldehyde보다 안전하며, 휘발성이 약하여 사용 시 눈과 점막, 피부 등에 대한 자극도 덜하다(김규중, 2009). 그런데 석고 모형과 OPA에 관한 연구가 없었기 때문에 선정하였다.

본 실험의 목적은 치과용 석고 소독제로서 처음 시도되는 OPA와 기존의 소독제인 sodium hypochlorite, glutaraldehyde를 초경석고와 혼합하여, 각 시편들의 크기 변화, 경도 및 경화시간의 변화를 비교하여, OPA를 치과 임상에서 사용할 수 있는지 평가해보는 것이다.

## II. MATERIALS AND METHODS

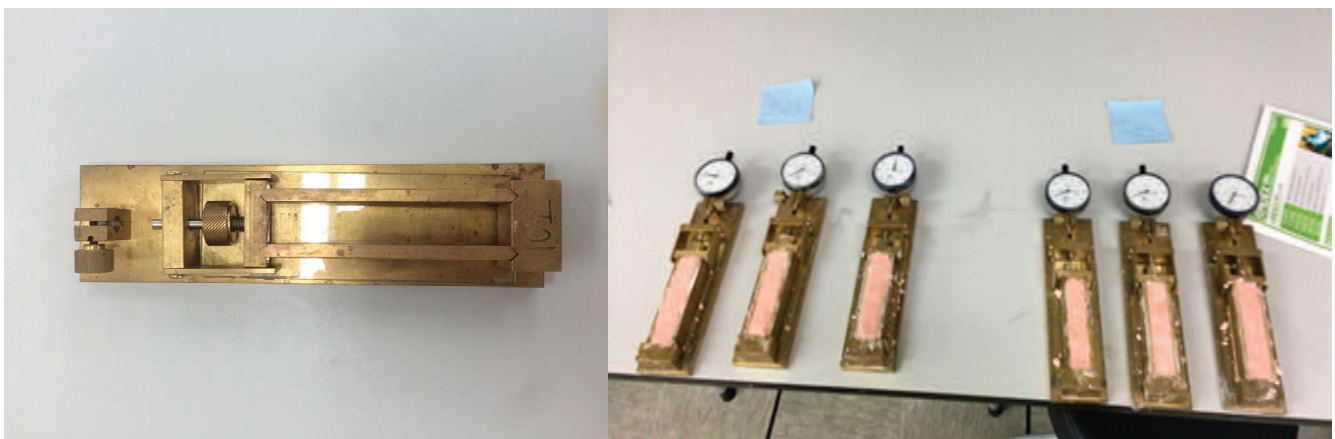
### 1. 실험재료

본 연구에서 사용된 석고계 모형재는 type IV형의 초경석고(MG Crystal Rock, MARUISHI GYPSUM CO., LTD, OSAKA, JAPAN)를 사용하였다.

석고 모형을 제작하면서 사용한 소독제들과 그 약자는 Table 1에 나타나있다. 이 중 시판되는 sodium hypochlorite 용액은 8%였기 때문에, 일반적인 석고 모형 소독에 쓰이는 1% sodium hypochlorite 용액이 되도록 3차 증류수를 이용하여 희석하였다. 석고 가루와 소독액의 비율은 제조사의 권장 사항에 따라 80 g : 19.2 mL 비율로 혼합하였다.

**Table 1.** Disinfectants used in the study and distilled water used to dilute the disinfectants and as a control

	Code	Brand name	Manufacturer	Lot number
2% Glutaraldehyde	GA	Y-Na Solution 2% Green	Green pharmaceutical Co. Ltd., Jincheon, Korea	60304
1% Sodium Hypochlorite	SH	Sodium Hypochlorite Solution	OCI Company Ltd., Korea	111629
0.55% Ortho - phthalaldehyde	OPA	Opidex OPA solution	Firson, Korea	F003
Distilled water	DW	HPLC water	J.T Baker, USA	0000126136



**Figure 1.** Extensometer used in the study. (A) Extensometer by ADA specification, (B) Measuring dimensional change using the extensometer and dial gauge..

## 2. 크기 변화 측정

소독액과 혼합한 석고 모형의 크기 변화를 측정하기 위하여 ADA규격의 경화팽창기를 사용하였다. 석고 가루와 소독액의 비율은 위와 마찬가지로 80 g : 19.2 mL 비율로 30초간 혼합하였다. 혼합 후 경화팽창기에 붓고, 3분 후 다이얼게이지를 0점으로 맞추었다. 혼합시작부터 1시간 후 다이얼게이지를 읽어 팽창정도를 기록하였으며, 각 군당 총 10번 시행하였다(Fig. 1).

## 3. 비커스 경도 시험

크기 변화 측정에서 사용하였던 시편을 상온에서 24시간 보관 후, 비커스 경도기(AVK-C1, Akashi Co., Japan)를 이용하여 경도를 측정하였다. 2000 g의 하중을 10초 동안 압입하

여 압흔을 형성하였다. 이후 현미경을 이용하여 압흔의 각각의 대각선 길이를 측정하여 비커스 경도를 계산하였다. 각 시편 당 3번 값을 측정하고 평균을 구하여 각 시편의 경도로 정하였다.

비커스 경도 시험은 대면각 136°인 피라미드형 다이아몬드 압자로 재료의 표면에 압흔을 만들고, 그 압흔의 대각선의 평균 길이로 하중을 나눈 값(HV)으로 나타낸다.

$$HV = 1,854 \times P/d^2$$

P : 압흔의 하중 (kg)

d : 대각선의 평균길이 (mm)

## 4. 초기 경화시간과 최종 경화시간 측정

각 소독액 19.2 ml와 초경석고 80 g을 혼합하였다. 완전히

혼합된 석고를 ring liner에 넣은 후 초기 경화시간은 1/4 lb (0.11 kg) Gillmore needle을 사용하였고, 최종 경화시간은 1 lb (0.45 kg) Gillmore needle를 사용하여 압흔이 생기지 않을 때까지 측정하였다. 측정 시 온도는 29.1°C 이었고, 습도는 82% 이었다. 각 군당 총 5번을 시행하였다.

## 5. SEM 관찰

크기 변화와 비커스 경도를 측정한 시편을 높이 5 mm로 잘라서 37°C 건조기에서 24시간 건조시킨 후, 주사전자현미경(JSM6360, JEOL, Tokyo, Japan)를 사용하여 20배, 1000배에서 관찰하였다. 각 시편은 SEM 촬영전 platinum 코팅(Cressington Sputter Coater 108 auto, Watford, UK)을 실시하였다.

## 6. 통계분석

통계분석은 SPSS 프로그램(SPSS 23.0; SPSS IBM, Armonk, USA)을 사용하였다. 초기와 최종 경화시간, 크기 변화 측정과 경도 시험은 One-way ANOVA로 신뢰수준 95%에서 분석하였고, 사후검정으로 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

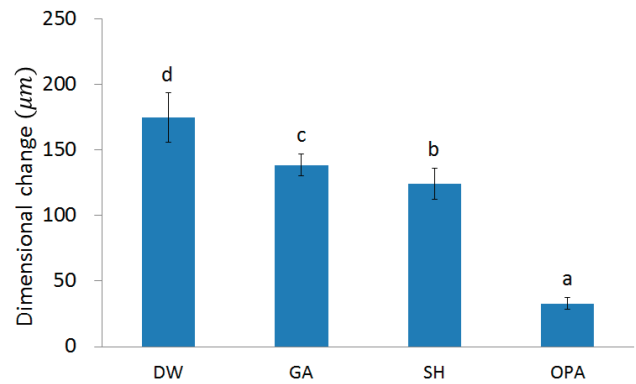
# III. RESULTS

## 1. 석고 모형의 크기 변화

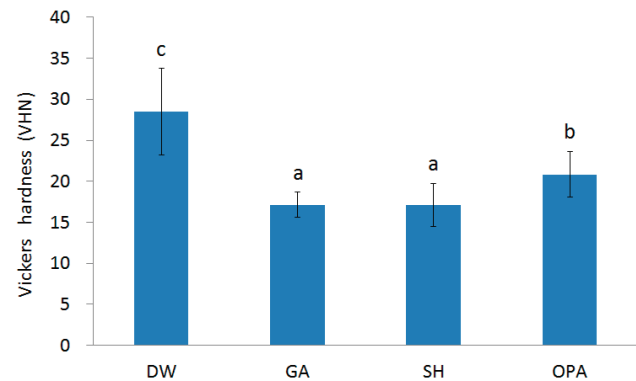
소독액과 혼합한 석고 모형의 크기 변화는 Figure 2에 있다. 소독액과 혼합한 초경석고 모형은 증류수로만 혼합한 석고 모형보다 모두 경화 팽창율이 유의성있게 감소하였다. OPA의 경화 팽창값이 가장 작았으며 SH < GA < DW 순이었다( $p < 0.05$ ).

## 2. 석고 모형의 비커스 경도

크기 변화 실험이 끝나고 24시간이 지난 후 측정된 시편의 비커스 경도는 Figure 3에 있다. 모든 실험군이 대조군보다 낮은 경도를 보였지만, 실험군 중에서는 OPA가 유의성있게



**Figure 2.** Dimensional change of improved dental stone mixed with different disinfectants. Different lowercase letters are significantly different by ANOVA test at  $\alpha = 0.05$ .

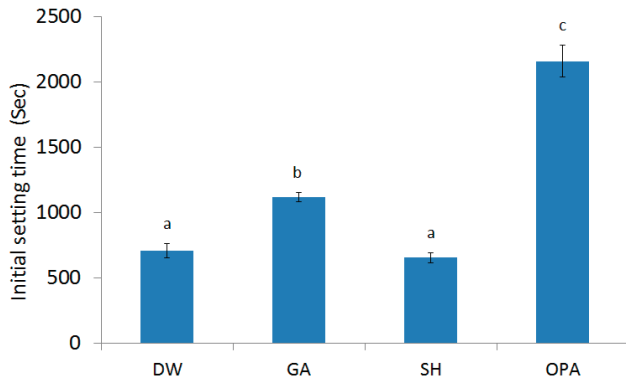


**Figure 3.** Vickers hardness of improved dental stone mixed with different disinfectants. Different lowercase letters are significantly different by ANOVA test at  $\alpha = 0.05$ .

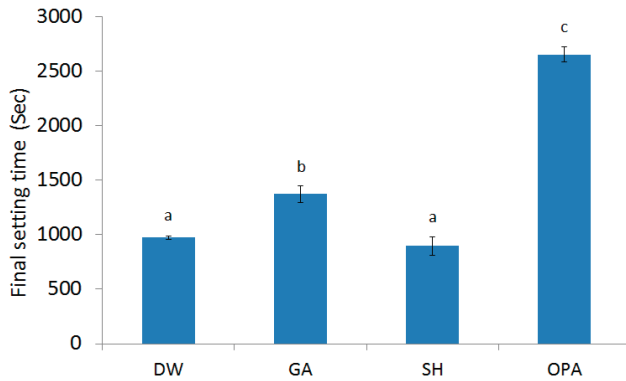
높은 경도를 보였다( $p < 0.05$ ). GA와 SH를 각각 혼합한 석고 모형의 경도 값이 가장 작았으며, 두 그룹 사이에 유의성 있는 차이는 없었다( $p > 0.05$ ).

## 3. 초기 경화시간과 최종 경화시간

각 소독제와 혼합한 석고 모형의 초기 경화시간과 최종 경화시간은 각각 Figure 4와 Figure 5에 있다. OPA의 초기 경화시간과 최종 경화시간이 가장 길었으며, GA, DW, SH 순으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). 초기 경화시간과 최종 경화시간 모두 DW와 SH 간의 유의성있는 차이는 없었다( $p > 0.05$ ).



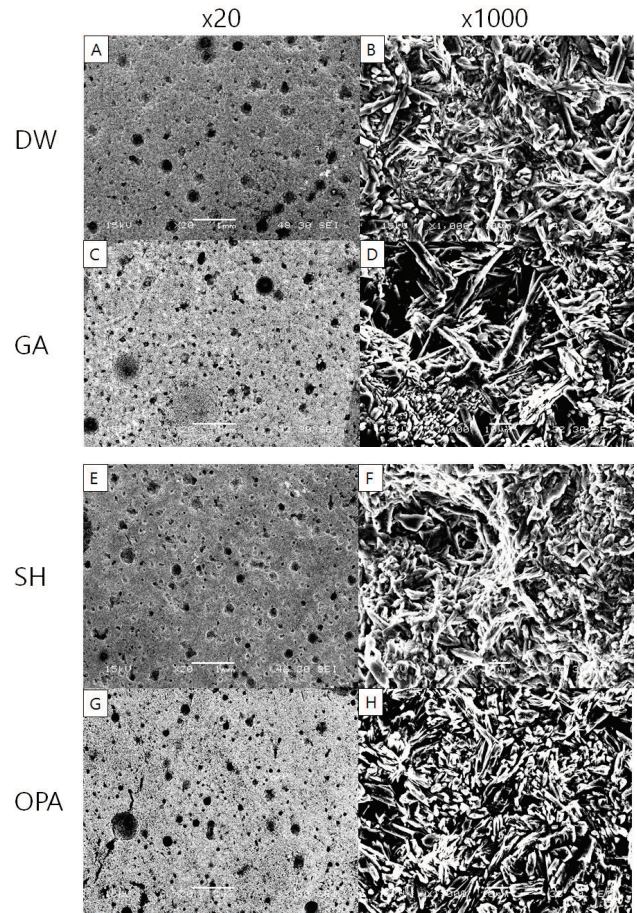
**Figure 4.** Initial setting time of improved dental stone mixed with different disinfectants. Different lowercase letters are significantly different by ANOVA test at  $\alpha = 0.05$ .



**Figure 5.** Final setting time of improved dental stone mixed with different disinfectants. Different lowercase letters are significantly different by ANOVA test at  $\alpha = 0.05$ .

#### 4. SEM 관찰

각 시편의 표면을 주사전자현미경을 이용해서 관찰한 결과는 Figure 6에 나타나 있다. 20배율에서 관찰했을 때 각 시편들의 기포의 크기는 다양했으나 DW, SH의 경우 크기가 큰 기포의 수가 많았으며, GA, OPA는 큰 기포의 수가 적었다. 1000배율로 표면을 관찰했을 때 OPA가 다른 군에 비해 crystal 석고 결정 사이의 기포가 작게 관찰되었다.



**Figure 6.** Scanning electron microscopic (SEM) images of improved dental stone mixed with different disinfectants after 24hours. A,B: DW, C,D: GA, E,F: SH, G,H: OPA, A,C,E,G: X20, B,D,F,H: X1000.

#### IV. DISCUSSION

이 실험의 목적은 석고 소독에는 사용되지 않았던 새로운 소독제인 OPA를 초경석고 모형 소독에 사용하여 크기 변화와 경도 및 경화시간을 측정하여 기존의 소독제인 SH, GA와 비교해 보는 것이었다. 크기 변화는 OPA < SH < GA 순으로 모든 군에서 OPA가 가장 작았으며, 비커스 경도 값은 OPA가 증류수와 혼합한 석고 모형보다는 낮았으나, 실험군 중에서는 가장 높은 값을 보였다. 하지만 경화시간은 OPA가 모든 군에서 가장 길었다.

크기 변화는 실험군이 대조군보다 팽창량이 적었다. 그 이유는 화학 물질을 넣게 되면 calcium sulfate의 경화 과정동안 일어나는 팽창을 감소시키는데, 석고 결정의 카복실기와 칼슘이온 사이에 첨가제가 끼어들어 복합체를 형성하여 결정이 자라나지 못하게 하기 때문에 감소된다(Anusavice 등, 1996; O'Brien, 1997; L. Amathieu 등 1999). 특히 OPA군이 작은 이유는 분자량과 관계가 있을 것이다. Ortho-phthalaldehyde의 분자량은 134.13 g/mol, Glutaraldehyde의 분자량은 100.117 g/mol이며 Sodium hypochlorite의 분자량은 74.442 g/mol이다. 분자량이 제일 큰 OPA가 석고 입자 사이에 끼어들게 되면 석고 결정성장을 가장 많이 방해하기 때문에 가장 크기 변화가 적게 일어났을 것이라고 사료된다.

비커스 경도는 모든 실험군이 대조군에 비해 감소하였으나, 실험군 중에서는 OPA가 가장 컸다. 실험군이 대조군에 비해 경도가 감소한 이유는 첨가제가 결정간의 결합력을 감소시켜서 강도를 감소시키는데 경도는 강도와 비례하기 때문이다(Anusavice 등, 2012). Sodium hypochlorite로부터 생성되는 이온은 석고 결정이 결합하려는 성질에 영향을 미쳐서 결정 구조를 바꾸며, 증류수와만 혼합했을 경우 보다 석고 결정체간의 결합력을 약화시킨다(Ivanovski S 등, 1995). 또한 Glutaraldehyde는 석고와 혼합했을 때 증발하면서 반수화물 입자의 불완전한 용해를 유도하여 최종 모형에 다공성을 일으킨다(Ivanovski S 등, 1995). 이는 DW와만 혼합했을 때보다, 정상적인 결정 생성을 하지 못하여 경도 감소를 초래한다. 비슷한 기전으로 OPA 또한 석고와 혼합했을 경우, 대조군에 비해 많은 기포를 생성하여 경도의 감소를 초래할 것이다. 실험군 중에서 OPA가 가장 큰 이유는 OPA는 GA보다 잘 증발하지 못하기 때문에(Iwasawa A, 2011), 최종모형에 다공성을 덜 일으킬 것으로 사료된다. 이는 OPA가 GA나 SH 군보다 적은 기포를 가지며, 결과적으로 대조군보다는 낮은 경도 값을 갖지만 SH나 GA보다 높은 경도 값을 갖는 이유이다.

석고에서 생기는 기포는 자유수(free water)에 의해 생긴 기포와 결정성장시 결정 사이사이에 생기는 기포가 있다(Ronald L., 2012). 실제로 주사전자현미경으로 소독제와 혼합한 석고모형의 표면을 관찰한 결과, 자유수에 의해 생긴 기포인 20배율로 관찰한 기포는 DW, SH가 GA, OPA보다 많았다. 하지만 1000배율에서 보이는 결정성장시 생기는 기포를

관찰해 보면, OPA는 다른 군에 비해 적은 기포를 가지고 있음을 볼 수 있었다.

석고의 경화시간은 일반적으로 몇몇 화학 물질들을 첨가할 경우 촉진되거나 지연된다. 대체적으로 경화시간은 경화 과정과 관련이 있는데, 석고의 경화과정은 crystalline theory에 따라 석고는 calcium sulfate의 반수화물과 이수화물의 용해도 차이 때문에 일어난다(Ronald L. Sakaguchi, 2012). 소독제는 반수화물의 용해를 방해하면서 경화시간을 지연시킨다. OPA와 GA같은 소독제를 석고와 혼합하면 경화시간이 지연되는 이유는 혼합물에서 OPA농도에 따라 자유수의 양이 상대적으로 줄어들고 반수화물의 용해도를 감소시키기 때문이다. 첨가제의 농도가 높아지면서 첨가 물질이 한계 용해도 이상으로 존재하게 되면, 이러한 조건은 반수화물의 용해도를 감소시킴에 따라 정상적인 경화과정을 방해하여 경화시간을 지연시키는 것이다(Lucas 등, 2009). Sodium hypochlorite의 경우에는 소독제에 존재하는 낮은 농도의 NaCl이 석고의 경화를 촉진하기 때문에 DW와 유의미한 차이가 없다.

소독제의 경우 미생물을 사멸시키는 적정 농도가 필요하다. OPA는 최소 0.21%이상의 농도일 때 소독효과가 있는 것으로 나타났다. 0.05% OPA의 경우 *M. terrae*를 억제하는 데 38분 정도의 시간이 걸렸지만, 0.21% OPA의 경우 4분의 시간이 걸렸다(Gregory 등, 1999). 본 실험에서는 0.55% OPA를 사용했기 때문에 충분한 소독효과를 나타낼 수 있는 농도이다.

다이용 재료의 팽창은 인상재의 수축을 보상하므로 소독제를 혼합한 석고의 경우의 크기변화에 알맞은 인상재의 조합에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것이다. 스프레이법이나 칩전법이 아닌 석고 모형을 만들 때 소독제를 첨가하는 방법의 경우 항균효과는 많이 연구되지 않았으며 이에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 항균효과와 물리적, 기계적 성질을 같이 연구해보아야 할 필요가 있을 것이며, 경화시간이 길다는 단점이 있기에 경화 촉진제를 첨가하여 크기변화와 경도 시험을 해보아야할 것이다.

본 실험에서 OPA는 경화시간이 가장 길었으나, 크기 변화는 가장 작았고, 경도는 실험군 중 가장 우수하였다.

## V. CONCLUSION

본 연구에서 ortho-phthalaldehyde를 혼합하여 석고 모형을 제작한 후 크기변화, 비커스 정도, 경화시간을 glutaraldehyde와 sodium hypochlorite와 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 크기 변화는 ortho-phthalaldehyde가 모든 군 중 가장 작았다.
2. Vickers 정도는 ortho-phthalaldehyde가 실험군 중에서 가장 우수하였다.
3. 경화시간은 ortho-phthalaldehyde가 모든 군 중 가장 길었다.

위와 같은 결과로 ortho-phthalaldehyde는 경화시간은 길지만 크기 변화가 적고 정도가 우수하기 때문에 임상적으로 응용가능하다고 사료된다.

## VI. REFERENCES

- 김규중 (2009). 여러 가지 내시경 소독제의 장단점. *대한소화기내시경학회지* 39:97-100.
- 김연용, 이용근, 김광만, 김경남, 조리라, 정경호 (2003). 증기압 멸균 소독에 치과용 석고의 물성변화. *대한치과재료학회지* 30:55-62.
- 이인석 (2007). 소독제의 종류와 특성. *대한소화기내시경학회지* 34:223-226.
- Abdelaziz, Khalid M., Edward C. Combe, and James S. Hodges (2002). The effect of disinfectants on the properties of dental gypsum: 1. Mechanical properties. *J Prosthodont* 11:161-167.
- Akamatsu T, Minemoto M, Uyeda M. (2005). Evaluation of the antimicrobial activity and materials compatibility of orthophthalaldehyde as a high-level disinfectant. *J Int Med Res* 33:178-187.
- Alsadi S, Combe EC, Cheng YS (1996). Properties of gypsum with the addition of gum arabic and calcium hydroxide. *J Prosthet Dent* 7:530-534.
- Anusavice KJ (1996). Phillips' Science of Dental Materials, 10th ed. Philadelphia, Saunders, pp. 33, 69-71, 598-600.
- Anusavice KJ (2012). Phillips' Science of Dental Materials, 12th ed. St. Louis, ELSEVIER, pp. 190.
- American Dental Association (1972). New American Dental Association specification No. 25 for dental gypsum products. *J Am Dent Assoc* 84:640-644.
- Badens, Elisabeth, Stephane Veesler, Roland Boistelle (1999). Crystallization of gypsum from hemihydrate in presence of additives. *Journal of Crystal Growth* 198:704-709.
- Emad Wadie Estafanous, Charles John Palenik, Jeffrey A. Platt (2012). Disinfection of bacterially contaminated hydrophilic PVS impression materials. *J Prosthodont* 21:16-21.
- Gregory, A. W., Schaalje, G. B., Smart, J. D., & Robison, R. A. (1999). The mycobactericidal efficacy of ortho-phthalaldehyde and the comparative resistances of Mycobacterium bovis, Mycobacterium terrae, and Mycobacterium chelonae. *Infect Control Hosp Epidemiol* 20:324-330.
- Ivanovski S., Savage, N. W., Brockhurst, P. J., & Bird, P. S. (1995). Disinfection of dental stone casts: antimicrobial effects and physical property alterations. *Dent Mater* 11:19-23.
- Iwasawa A, Niwano Y, Kohno M, Ayaki M (2011). Bactericidal effects and cytotoxicity of new aromatic dialdehyde disinfectants (ortho-phthalaldehyde). *Biocontrol Sci* 16:165-170.
- Leung RL, Schonfeld SE (1983). Gypsum casts as a potential source of microbial cross contamination. *J Prosthet Dent* 49:210-211.
- Lucas, M. G., Arioli-Filho, J. N., Nogueira, S. S., Batista, A. U. D., & Pereira, R. D. P. (2009). Effect of incorporation of disinfectant solutions on setting time, linear dimensional stability, and detail reproduction in

- dental stone casts. *J Prosthodont* 18:521-526.
- Mitchell DL, Hariri NM, Duncanson MG Jr, Jacobsen NL, McCallum RE (1997). Quantitative study of bacterial colonization of dental casts. *J Prosthet Dent* 78:518-521.
- O'Brien WJ (1997). *Dental Materials and Their Selection*. 3th ed. Chicago, Quintessence, pp. 51-74
- Ronald L. Sakaguchi, John M. Powers. (2012). *Craig's restorative dental materials*, 13th ed. St. Louis: Elsevier; pp. 285, 302-303, 307-308
- Sanad ME, Combe EC, Grant AA. (1982). The use of additives to improve the mechanical properties of gypsum products. *J Dent Res* 61:808-810.
- William A. Rutala, David J. Weber (2001). New disinfection and sterilization methods. *Emerg Infect Dis* 7:348-353.