

Microwave 처리가 폴리비닐실록산 인상재의 물리적 성질에 미치는 영향

최유리^{1,2}, 양송이^{1,2}, 이용근¹, 김경남^{1,2}, 김광만^{1,2*}

연세대학교 치과대학 치과생체재료공학교실 및 연구소¹, 연세대학교 치과대학 구강 악안면 경조직 재생 연구센터²

Effect of Microwave Treatment on the Physical Properties of Polyvinyl Siloxane Impression Materials

Yu-Ri Choi^{1,2}, Song-Yi Yang^{1,2}, Yong-keun Lee¹, Kyoung-Nam Kim^{1,2}, Kwang-Mahn Kim^{1,2*}

Department and Research Institute of Dental Biomaterials and Bioengineering¹, Research Center for Orofacial Hard Tissue Regeneration², College of Dentistry, Yonsei University, Seoul 120-752, Republic of Korea.

(Received: Nov. 29, 2011; Revised: Jan. 20, 2012; Accepted: Jan. 31, 2012)

ABSTRACT

Infection control of dental impression has become an important issue for dental technician. Dental impressions may be contaminated with microorganisms from patient's saliva and blood. A microwave treatment can be used as a method to disinfect dental prosthesis. The aim of this study was to evaluate the physical properties of polyvinyl siloxane impression materials after microwave treatment. We performed microwave treatments using electrical microwave oven with and without hydrogen peroxide. Detail reproduction, compatibility with gypsum, linear dimensional change, contact angle, strain-in-compression and elastic recovery were evaluated before and after microwave treatment. Experimental groups were composed with 6 groups by irradiated conditions such as 1, 2 and 3 minutes with and without hydrogen peroxide solution of 3 wt% in microwave chamber. Control group was no treatment group. The results of all tests showed that there were no significant differences between before and after microwave treatment($p>0.05$). So we recommend that the microwave treatments for polyvinyl siloxane impressions would be used in clinical field.

KEY WORDS: physical properties, microwave, polyvinyl siloxane impression materials

서론

치과 진료 과정에서 환자의 혈액과 타액에 포함되어 있는 많은 종류의 미생물들은 치과종사자들에게 감기, 폐렴, B형 간염, AIDS 등 여러 가지 감염성 질환을 일으킬 수 있다. 치과용 인상재는 항상 타액에 덮여 있고 종종 혈액에 의해 오염되기도 한다. 따라서 혈액과 타액을 제거하기 위해 흐르는 물에 세척하지만 이러한 방법은 세균과 미생물을 완전히 제거할 수 없으므로 기공실에 보내기 전에 반드시 소독처치를 해야 한다(David 등, 1986;

John 등, 1990; Frederick 등, 1992; Alain 등, 1996; 최 등, 2010).

소독하는 방법으로는 glutaraldehyde, sodium hypochlorite, povidone iodine을 이용한 화학적 소독법이 보편적이다. 하지만 glutaraldehyde는 흡입독성과 안자극성이 있고(Sagripanti 등, 2000), sodium hypochlorite는 인상재를 표백시키며 povidone iodine은 색 침착이라는 단점이 있다(송 등, 1999).

Microwave는 흔히 전자레인지라고 불리는 기계로서 마이크로파를 발생시켜 음식을 조리하는 기기이다. 우리 주변에서 쉽게 볼 수 있으며 조작이 간단하고 가격이 저렴하다는 장점이 있다. 기존에 Microwave를 이용하여 의치를 소독하고자 하는 연구가 있었다(Dixon 등, 1999; Banting 등, 2001). Webb 등은 microwave와 sodium hypochlorite의 소독효과를 비교한 결과, microwave의

* 교신저자 : 서울 서대문구 연세로 50 연세대학교 치과대학 치과생체재료공학교실, 김광만
Tel : 02-2228-3082, E-mail : kmkim@yuhs.ac

* 본 연구는 연세대학교 치과대학 2010년도 교수연구비에 의하여 이루어졌음 (6-2010-0090).

소독효과가 더 좋다고 보고하였다(Webb 등, 1998). 의치상용 레진을 650 W 출력의 microwave에서 2분 동안 처리하였을 때 *Candida albicans*와 *Streptococcus mutans*의 사멸 효과가 있었고(Mima 등, 2008), 650 W 출력의 microwave에서 5분 동안 처리하였을 때 *Staphylococcus aureus*와 *Pseudomonas aeruginosa*에 소독효과가 있었다(Najdovski 등, 1991). 그러나 Campanha 등(2005)과 Machado 등(2009)은 microwave를 650 W에서 6분 동안 적용한 후 의치상용 레진의 물성 변화가 일어났다고 하였다. 또한 Seo 등(2007)에 따르면 의치상용레진을 650 W에서 6분 동안 적용하였을 때 유의차 있게 수축률이 증가하였다고 하였다. 이렇듯 몇몇 연구에서 의치상용 레진에 microwave 처리를 시행한 결과 의치상용 레진에 대한 물성 변화가 있었다(Mima 등 2008, Ribeiro 등 2008). Microwave의 작용은 세균의 생물학적인 비례상태와 운동법칙이 바뀔 뿐만 아니라 전계의 힘에 의해 이온들이 세포막 부근의 전하 분포에 영향을 주어서 반투과성 작용에 손상을 입힌다(Zhang 등, 2001).

기존 연구에 의하면 하수(sewage sludge)에 microwave와 일정 농도의 과산화수소수(H_2O_2)를 동시에 적용하면, 전자기파에 의해 H_2O_2 는 이온 미립자로 쪼개져서 수산화기(OH^-)를 형성하고, 이는 유해세균의 세포막을 파괴하여 세균사멸에 효과적인 것이 증명 되었다(Wane 등 2006; Yang 등, 2009).

기존 치과 분야에서의 microwave를 이용한 연구는 의치상용 레진을 물이나 소독액에 넣고 microwave를 적용하는 방법을 채택함으로써 물성변화를 초래하였다. 또한 치과용 폴리비닐 실록산 인상재에 microwave를 적용하였을 때, 물성 변화를 평가한 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 치과용 폴리 비닐실록산 인상재를 microwave를 이용하여 소독처리를 할 수 있다는 가정 하에, 열에 의한 영향을 받지 않고 보다 효과적으로 microwave 처리를 하기 위한 방법으로 건조 상태에서 1분, 2분 및 3분으로 microwave를 적용하고, 이에 따른 물성변화를 보고자 하였다.

연구 재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에서는 microwave 발생장치로 일반 가정용 전자레인지(MR-173W, LG Co., Changwon, Korea)를 사용하였고, 이 장비의 발진주파수는 2.45 GHz, 정격고주파

출력은 620 W였다. 과산화수소수 병행 처치를 위하여, 3 wt%의 과산화수소수(Songkwang Co., Bucheon, Korea)를 사용하였다. 치과용 인상재로는 ISO 4823에 따른 제3형 폴리비닐실록산 인상재(Imprint™ II, 3M Co., St. Paul, USA)를 사용하였다.

2. 연구방법

1) 실험군 설정 및 microwave 처리

석고와의 친화성, 압축시 변형률 및 탄성회복율은 microwave 처리하지 않은 군을 대조군으로, microwave 처리를 실시한 군을 실험군으로 설정하였다. Microwave 처리를 하기 위하여 직경 90 mm 유리세포배양접시 중앙에 가로 28 mm 세로 40 mm 높이 6 mm의 병리조직 수집용 플라스틱제 그물 용기를 위치시키고, 그 위에 각 평가방법에 해당하는 인상재 시편을 올려놓은 후 microwave의 회전접시 중앙에 위치시켰다 (Fig 1). 유리세포배양접시에 아무 것도 넣지 않은 채 시편이 놓인 플라스틱제 그물 용기를 넣고 microwave를 1분, 2분 및 3분 적용한 실험군을 각각 M1, M2 및 M3로 정하였다. 유리세포배양접시에 3 wt% 과산화수소수 20 ml를 채운 후 시편이 놓인 플라스틱제 그물 용기(이때 인상재 시편과 과산화수소수 간의 직접 접촉이 일어나지 않았다)를 넣고 microwave를 1분, 2분 및 3분 적용한 실험군을 각각 MH1, MH2 및 MH3로 정하였다. 이때 매 실험마다 새로운 과산화수소수를 사용하였다.

미세부 재현성, 접촉각 측정 및 선 크기변화는 별도의 대조군 설정 없이 microwave 처리 전과 후를 비교하였다.

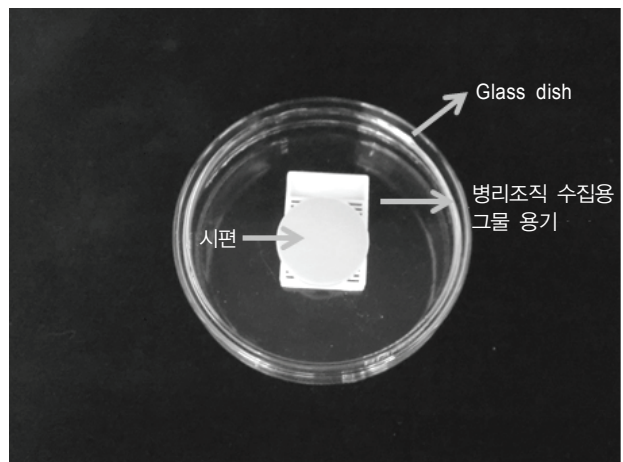


Figure 1. Tissue culture net was placed on the center of the sterile glass dish.

2) 미세부 재현성

ISO 4823에 따라 각 군별로 5개의 미세부 재현성 시편을 제작하였다. Microwave 처리 전과 후에 20 μm, 50 μm, 75 μm 선의 재현 여부를 영상분석기(Hirox KH-1000, Hirox Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 50배로 관찰하였다.

3) 선 크기 변화

미세부 재현성 시험과 동일한 방법으로 각 군별로 5개의 시편을 제작하였다. 측정현미경(MM-11, Nikon Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 ISO 4823에 따라 시편에 형성된 75 μm 선을 기준으로 5에서 6까지의 거리를 microwave 처리 전과 후에 측정 하였다 (Fig 2).

4) 접촉각 측정

Slide glass 위에 내경 10 mm, 두께 1 mm 테플론 몰드를 위치하고 인상재를 혼합하여 주입한 후, 다시 slide glass를 올려놓아 표면을 평평하게 만들었다. 인상재 혼합 시작 1분 후에 (35±1) °C의 수조에 넣어 제조사가 지시하는 경화시간 동안 유지한 다음 꺼내어 시편을 분리하였다. 경화된 시편을 흐르는 물로 30초 동안 세척하고 압축공기로 15초 동안 건조시켰다. 각 군당 5개의 시편을 제작하였다. 접촉각 측정은 접촉각 측정기(Phoenix 300, SEO Co., Suwon, Korea)를 이용하여 10 μl의 증류수를 시편 표면에 떨어뜨리고 30초 후에 측정하였다. Microwave 처리 전과 후의 접촉각을 측정하였다.

5) 석고와의 친화성

미세부 재현성 시험과 동일한 방법으로 대조군과 microwave 처리군의 총 7개 군으로 각 군별로 5개의 인상재 시편을 제작하였다. Type III 경석고를 주입하고, 경화된 후 분리하여, ISO 4823에 따라 20 μm, 50 μm, 75 μm

선의 재현 여부를 영상분석기(Hirox KH-1000, Hirox Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 50배로 관찰하였다.

6) 압축시 변형률

압축시 변형률을 평가하기 위하여 ISO 4823에 따라 직경 10 mm, 높이 20 mm의 원기둥형 시편을 대조군과 microwave 처리 군의 총 7개 군으로 각 군별로 5개의 인상재 시편을 제작하고 압축시 변형률을 측정하였다.

7) 탄성 회복률

탄성 회복율을 평가하기 위하여 ISO 4823에 따라 직경 10 mm, 높이 20 mm의 원기둥형 시편을 대조군과 microwave 처리 군의 총 7개 군으로 각 군별로 5개의 인상재 시편을 제작하고 탄성 회복율을 측정하였다.

8) 통계분석

SPSS(SPSS Inc Co., PASW Statistics 18.0, Chicago, USA)를 사용하여 선 크기 변화와 접촉각 측정은 소독 전과 후의 통계적 유의성을 paired t-test (p=0.05)로 분석하였고, 압축시 변형률과 탄성 회복율은 대조군과 microwave군 간의 유의차를 보기위해 one-way ANOVA를 시행하였다. 사후분석으로 tuckey test를 이용하여 검증하였다.

결과

1. 미세부 재현성

모든 군에서 microwave 처리 전과 후에 20 μm 선을 재현하였다.

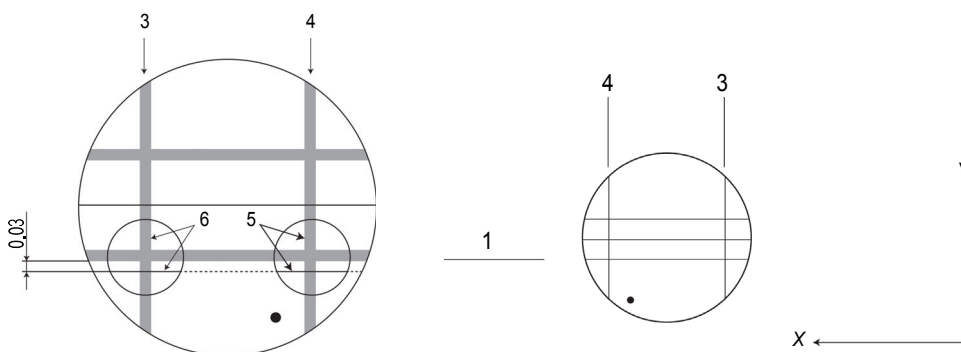


Figure 2. Measurement points on specimen for linear dimensional change test(ISO 4823).

2. 선 크기 변화

선 크기 변화 시험의 결과는 Table 1과 같다. 모든 군에서 microwave 처치 전과 후의 유의차는 볼 수 없었다 ($P>0.05$).

3. 접촉각 측정

접촉각 측정시험의 결과는 Table 1과 같다. 모든 군에서 microwave 처치 전과 후의 유의차는 볼 수 없었다 ($P>0.05$).

4. 석고 친화성

대조군과 microwave 처치군 모두 50 μm 선을 재현하였다.

5. 압축시 변형률

압축시 변형률 시험의 결과는 Table 2와 같다. 최소 2.86 %, 최대 3.26 %로 나타났으며 대조군과 microwave

처치군 간의 유의차는 볼 수 없었다($P>0.05$).

6. 탄성 회복률

탄성 회복률 시험의 결과는 Table 2와 같다. 최소 98.59 %, 최대 98.73 %로 나타났으며 대조군과 microwave 처치군 간의 유의차는 볼 수 없었다($P>0.05$).

고 찰

Microwave는 전자기파의 일종인데, 일반 가정용 전자레인지는 음식을 가열하거나 해동하는데 주로 사용하는 조리기구로서 2.45 GHz의 전자기파를 발생시킨다. 주방기으로서의 작동 원리는 타 조리기구와 같이 열이 용기를 통해 음식물에 전달되는 것이 아니라 음식물에 있는 물 분자의 진동을 일으켜서 용기 자체의 온도는 올라가지 않고 음식물 자체를 직접 가열하는 방식이다. 가열 에너지 원인 microwave는 금속제 용기는 투과할 수 없으므로 조

Table 1. The means and standard deviation of dimensional changes and contact angle before and after microwave treatment

Group	Dimensional changes(mm)		Contact angle(°)	
	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment
M1	24.85 ± 0.03	24.89 ± 0.01 [*]	56.84 ± 4.29	58.35 ± 2.89 [#]
M2	24.88 ± 0.02	24.88 ± 0.03 [*]	55.94 ± 2.88	56.79 ± 2.90 [#]
M3	24.86 ± 0.03	24.82 ± 0.05 [*]	57.23 ± 2.46	56.30 ± 2.08 [#]
MH1	24.87 ± 0.03	24.88 ± 0.02 [*]	55.64 ± 1.69	56.58 ± 2.48 [#]
MH2	24.88 ± 0.01	24.91 ± 0.02 [*]	57.71 ± 2.45	57.66 ± 2.45 [#]
MH3	24.83 ± 0.04	24.84 ± 0.04 [*]	55.77 ± 2.77	56.95 ± 2.67 [#]

^{*}, [#] means no significant differences compared with before treatment group($p>0.05$).

Table 2. The means and standard deviation of strain-in-compression test and elastic recovery test

Group	Strain-in-compression	Elastic recovery
control	3.04 ± 0.13 [*]	98.70 ± 0.25 [#]
M1	2.99 ± 0.15 [*]	97.01 ± 0.24 [#]
M2	3.03 ± 0.21 [*]	98.63 ± 0.24 [#]
M3	3.14 ± 0.11 [*]	98.63 ± 0.20 [#]
MH1	2.92 ± 0.16 [*]	98.59 ± 0.25 [#]
MH2	3.26 ± 0.50 [*]	98.61 ± 0.20 [#]
MH3	2.86 ± 0.03 [*]	98.73 ± 0.27 [#]

^{*}, [#] means no significant differences in the same column($p>0.05$).

리하고자 하는 음식물은 비금속제 용기에 담아 사용해야 하고, 인체에 해롭기 때문에 외부로 누출이 되지 않도록 차단이 되어야 한다.

기존의 연구에서 *Candida albicans*에 microwave를 적용하였을 때 세균의 membrane의 파괴가 일어나 protein, Ca^{++} , K^+ , DNA에 영향을 주었다는 것을 증명하였다(Campanha 등, 2007). 즉 Microwave의 작용은 Na-K 펌프의 기능에 영향을 주고 세포막 기능 장애를 초래하여 세포의 정상적인 신진대사 기능이 방해받거나 파괴되게 되어 결국 세균 생장의 억제와 정지 및 멸균을 초래 하여 세균 사멸 효과가 탁월하다(Banik 등, 2003).

치과재료를 멸균할 때, 멸균효과도 중요하지만 멸균 처리에 의한 물성의 변화가 있어서는 안 된다. 치과에서 microwave를 이용하여 멸균하고자 하는 연구가 있어 왔는데, 주로 가정에서 사용자가 쉽게 적용할 수 있는 의치에 대한 연구가 많았다. 이장용 의치상 레진을 sodium perborate에 담근 후 microwave를 적용하였을 때 수축률이 유의차 있게 증가하였고, 아크릴릭 레진을 증류수에 담근 후 microwave를 적용 하였을 때에도 수축률이 유의차 있게 증가하였다(Alessandro 등, 2006). 이렇듯 microwave를 치과재료에 적용하였을 때, 변형을 초래할 수 있는데, 이들 연구는 모두 시편을 물에 침적한 상태에서 시행한 것으로 온도 상승을 피할 수 없었을 것으로 사료된다.

인상재는 기공작업에 들어가기 전에 반드시 소독처리를 하여 기공작업 과정 중에 교차 감염이 일어나지 않도록 해야 한다. Microwave를 이용하여 멸균할 수 있다고 하여도, 재료의 물성이 변화하면 적용할 수 없으므로, 본 연구에서는 폴리비닐실록산 인상재 역시 microwave를 이용하여 멸균할 수 있다는 가정 하에 물성의 변화가 일어나는지 확인하고자 하였다. 기존의 microwave를 이용한 치과재료의 멸균 연구에서는 주로 물속에 넣어서 처리를 하였는데, 이때 온도 상승이 일어나 물성변화가 일어난 것으로 사료되는 바, 본 연구에서는 건조 상태에서 microwave를 적용하였다. 또한 microwave는 과산화수소수를 이온 미립자로 쪼개 수산화기(OH⁻)를 발생시켜 유해세균의 세포막을 파괴하며, 동시에 살균 산소, 즉 활성 산소를 생성함으로써 활성 산소는 세포 내 RNA와 DNA를 파괴하여 세균의 사멸을 유도(Yang 등 2010; Wane 등, 2006)하므로, 보다 좋은 소독효과를 위하여 과산화수소 분위기를 적용하였다.

시편의 물성변화의 유무를 확인하기 위하여 microwave 처리 전과 후의 접촉각 측정, 미세부재현성,

선 크기 변화를 평가하였고, microwave 처치를 실시하지 않은 대조군과 microwave 처치를 실시한 실험군 6종간에 석고친화성, 압축시 변형률, 탄성 회복율을 평가하였다.

본 연구에서 microwave만 3분 적용한 군은 물론 과산화수소수와 병행하여 microwave를 3분 적용한 한 군 모두 microwave 처리 전과 후에 20 μ m 선을 재현함으로써 Rebecca등(2002)의 연구에서 sodium hypochlorite을 이용하여 소독처리 한 후 미세부 재현성 변화의 결과와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 또한 선 크기 변화에 있어서도 모든 실험군에서 microwave 전과 후에 유의한 길이 변화를 관찰할 수 없었는데($p>0.05$), 이것은 Alaine 등(1996)이 7종의 치과용 인상재에서 hypochlorite 소독제로 소독하였을 때 소독 전과 후 선 크기 변화에서 유의차를 볼 수 없었다는 결과와, 또한 Lepe 등(1997)이 치과용 인상재를 glutaraldehyde에 18시간 침적소독 시행한 후 선 크기변화의 유의차를 볼 수 없었던 결과와도 비견할 수 있다.

소독처리에 따른 인상재의 젖음성 평가에서 폴리설퍼아이드, 폴리이써, 부가중합형 실리콘 치과용 인상재에 glutaraldehyde, chlorine dioxide, iodophor, sodium hypochlorite 소독 처리 전후의 접촉각을 비교한 결과 접촉각이 유의차 있게 변화하였다(Pratten 등, 1990). 또한 Lepe 등(2002)의 연구에서도 5개의 부가중합형 인상재를 glutaraldehyde로 소독 처리하여 소독 처리 전후의 접촉각을 비교한 결과, 접촉각이 유의차 있게 변화하였다. 그러나 본 연구에서는 6개의 실험군 모두 microwave 처리 전과 후의 접촉각에서 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 물론 microwave 처리 이후에 접촉각이 감소한다면 임상적으로 더 좋은 결과를 얻을 수 있겠지만, 증가하지 않고 유의한 변화가 없는 것으로도 microwave 적용이 임상적으로 문제가 되지 않는다고 볼 수 있겠다.

인상재에 chlorhexidine gluconate, sodium hypochlorite, glutaraldehyde의 소독액 처리 한 후 대조군과 소독 처리군의 석고 친화성을 비교하였을 때 유의한 차이를 볼 수 없었다(Wala 등, 2009). 본 연구에서도 대조군과 모든 실험군에서 50 μ m 선을 재현하여 microwave가 석고친화성에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

압축시 변형률과 탄성 회복율은 인상재의 물리기계적 성질을 평가하는 지표로서 ISO 4823에서는 제3형 인상재의 압축시 변형률과 탄성 회복율의 기준 값을 각각 2~20%, 96.5% 이상으로 규정하고 있다. 본 연구 결과 microwave 처치를 시행하지 않은 대조군의 압축시 변형률과 탄성 회복율은 각각 3.04 % 와 98.70 %로서 ISO

4823의 기준값을 만족하였고, microwave 처치를 시행한 모든 군에서도 ISO 4823의 기준 값을 만족하였다. 또한 대조군과의 비교 시 통계적 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p>0.05$).

본 연구에서는 미세부재현성, 석고 친화성, 선 크기 변화, 접촉각 측정, 압축시 변형률 그리고 탄성 회복시험을 시행하여 microwave 처리를 통한 인상재의 물성변화를 관찰하고자 하였으며, 모든 실험에서 치과용 폴리비닐실록산 인상재의 물성변화를 관찰할 수 없었으므로 microwave는 치과용 인상재 소독에 적합하다고 볼 수 있다. 그러나 본 연구에서는 microwave의 세균 사멸효과를 보지 않았고, 다양한 치과재료에 적용하지 못하였으므로, 이에 대한 보완 연구가 필요하다.

결론

치과용 폴리비닐실록산 인상재의 물성에 대한 microwave의 영향을 알아보고자, 용기 내에 인상재 단독으로, 그리고 과산화수소수의 증기가 발생할 수 있도록 microwave 처리를 1분, 2분 및 3분 실시하고, microwave 처리 전과 후의 미세부 재현성, 선 크기변화, 접촉각 측정, microwave처치를 하지 않은 대조군과 6종의 실험군 사이의 석고 친화성, 압축시 변형률 및 탄성 회복율을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 미세부재현성 시험결과, 모든 군에서 microwave 처리 전과 후에 20 μm 선을 재현하였다.
2. 선 크기 변화 시험결과, 모든 군에서 microwave 처리 전과 후에 통계적 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).
3. 접촉각 측정 시험결과, 모든 군에서 microwave 처리 전과 후에 통계적 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).
4. 석고 친화성 시험결과, 대조군과 microwave 처리한 모든 군에서 50 μm 선을 재현하였다.
5. 압축시 변형률 시험결과, 대조군과 모든 microwave 처리한 모든 군 간의 통계적 유의차를 볼 수 없었다 ($P>0.05$).
6. 탄성 회복 시험 결과, 대조군과 모든 microwave 처리한 모든 군 간의 통계적 유의차를 볼 수 없었다 ($P>0.05$).

이상의 연구 결과 microwave 처치는 치과용 폴리비닐실록산 인상재의 물성변화를 초래하지 않았다. 따라서

microwave 처치의 소독효과가 입증된다면, 이를 이용한 폴리비닐실록산 인상재의 소독법이 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- 송기용, 양재효, 이선형, 정현영 (1989). 수중인상재의 침지 소독이 경석고 모형의 크기 안정성에 미치는 영향에 관한 연구. *대한치과보철학회지* 27:249-259.
- 최유리, 김용모, 이용근, 김경남, 김광만 (2010). 소독액이 인상재의 표면특성에 미치는 영향. *J Kor Res Soc Dent Mater* 37(4):281-288.
- Alain T, Etaienne D, Alain I, Pascal B (1996). Dimensional stability of seven elastomeric impression materials immersed in disinfectants. *J Prosthet Dent* 76:8-14.
- Banik S, Bandyopadhyay S, Ganguly S (2003). Bioeffects of microwave—a brief review, *bio-resource Tech* 87:155-159.
- Banting DW, Hill SA (2001). Microwave disinfection of dentures for the treatment of oral candidiasis. *Spec Care Dentist*, 21:4-8.
- Campanha NH, Pavarina AC, Vergani CE, Machado AL (2005). Effect of microwave sterilization and water storage on the vickers hardness of acrylic resin denture teeth. *J Prosthet Dent* 93:483-487.
- Campanha NH, Pavarina AC, Vergani CE, Machado AL, Spolidorio MP (2007). Candida albicans inactivation and cell membrane integrity damage by microwave irradiation. *Mycoses* 50:140-147.
- David WB, Scott AH (2001). Microwave disinfection of dentures for the treatment of oral candidiasis. *Spec Care Dentist* 21(1):4-8.
- Dixon DL, Breeding LC, Faler TA(1999). Microwave disinfection of denture base materials colonized with *Candida albicans*. *J Prosthet Dent*, 81:207-214.
- Drennon DG, Johnson GH, Powell GL (1989). The accuracy and efficacy of disinfection by spray atomization on elastomeric impressions. *J Prosthet Dent* 62:468-75.
- Frederick AK, Eugene BB, Micheal TK, George SS (1992). Sodium hypochlorite disinfection of irreversible hydrocolloid impression material. *J*

- Prosthet Dent* 67:628-31.
- Gonçalves AR, Machado AL, Giampaolo ET, Pavarina AC, Vergani CE (2005) Linear dimensional changes of denture base and hard chair-side reline resins after disinfection. *J Appl Polymer Sci* 102:1821-1825.
- International Organization for Standardization (2000). ISO 4823 : Dentistry - Elastomeric impression materials. Switzerland.
- Lepe X and Johnson GH (1997). Accuracy of polyether and addition silicone after long-term immersion disinfection. *J Prosthet Dent* 78:245-9.
- Lepe X, Johnson GH, Berg JC, Aw TC, Stroh GS (2002). Wettability, imbibition, and mass change of disinfected low-viscosity impression materials. *J Prosthet Dent* 88:268-7.
- Machado AL, Breeding LC, Vergani CE, Cruzperez LE (2009). Hardness and surface roughness of reline and denture base acrylic resins after repeated disinfection procedures. *J Prosthet Dent* 102:115-122.
- Mima EGO, Pavarina AC, Neppelenbroek KH, Vergani CE Spolidorio DMP, Machado AL (2008) Effect of different exposure times on microwave irradiation of the disinfection of a hard chairside reline resin. *J Prosthodont Dent* 17:312-317.
- Najdovski L, Dragas AZ, Kotnik V (1991) The killing activity of microwaves on some non-sporogenic and sporogenic medically important bacterial strains. *J Hosp Infect* 19:239-247.
- Nara HC, Ana CP, Iguatemy LB, Carlos EV, Ana LM, Denise MP (2007). *Candida albicans* inactivation and cell membrane integrity damage by microwave irradiation. *Mycoses* 50:140-147.
- Pratten DH, Covey DA, Sheats RD (1990). Effect of disinfectant solutions on the wettability of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 63:223-7.
- Rebecca LT, Wright PS, Maryan C (2002). Disinfection procedure : their effect on the dimensional accuracy and surface quality of irreversible hydrocolloid impression materials and gypsum casts. *Dent Mater* 18:103-110.
- Ribeiro RC, Giampaolo ET, Machado AL, Vergani CE, Pavarina AC (2008). Effect of microwave disinfection on the bond strength of denture teeth to acrylic resin. *J Adh Adhes* 28:296-301.
- Seo R.S, Vergani CE, Vergani CE, Pavarina AC, Compagnoni MA, Machado AL (2007) Influence of microwave disinfection on the dimensional stability of intact and relined acrylic resin denture bases. *J Prosthet Dent* 98:216-223.
- Wala MA, Muna HA, Sandra KT, Sahar TH, Moham WS, Nadia E (2009). The effects of disinfectants on dimensional accuracy and surface quality of impression materials and gypsum Casts. *J Clin Med Res* 1:81-89.
- Wang WT, Chan WI, Liao PH, Lo KV (2006) A Hydrogen peroxide/Microwave advanced oxidation process for sewage sludge treatment. *J Environ Sci Health pt A* 41:2623-2633.
- Webb BC, Thomas CJ, Harty DWS, Willcox MDP (1998) Effectiveness of two methods of denture sterilization. *J Oral Rehabil* 25:416-423.
- Yu Y, Lo IW, Chan WW, Liao PH, Lo KV (2010). Nutrient release from extracted activated sludge cells using the microwave enhanced advanced oxidation process. *J. Environ. sci. Health pt A*, 45:1071-1075.
- Yu Y, Chan WW, Liao PH, Lo KV (2010). Disinfection and solubilization of sewage sludge using the microwave enhanced advanced oxidation process. *J. Environ. sci. Health pt A*, 45:1143-1147.
- Zhang H, Datta AK, Taub IA, Doona C (2001). Electromagnetics, heat transfer, and thermokinetics in microwave sterilization. *AIChE J* 47:1957-1968.

