

## 질산은과 나노 은 입자가 함유된 PMMA 의치상 레진의 항균특성에 관한 연구

이철재 · 이무상 · 남기영<sup>\*,†</sup>

경북대학교 화학교육학과

<sup>†</sup>계명대학교 의과대학 치과학교실

(2008. 4. 24 접수)

## Inhibitory Effect of PMMA Denture Acrylic Impregnated by Silver Nitrate and Silver Nano-particles for Candida Albicans

Chul-Jae Lee, Mu-Sang Lee, and Ki-Young Nam<sup>\*,†</sup>

Department of Chemistry Education, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

<sup>†</sup>Department of Dentistry, College of Medicine, Keimyung University, Daegu 700-712, Korea

(Received April 24, 2008)

**요 약.** 본 연구에서는 치과생체재료인 PMMA 열중합 의치상 레진에 은을 첨가하여 의치구내염의 주 원인 균인 칸디다균에 대한 항균효과 및 특성을 조사하였다. 은 첨가를 질산은과 나노 은 입자의 형태로 은-폴리머와 은-모노머의 2 가지 방법으로 각기 혼합하였고 첨가 농도를 0 M(대조군), 0.002 M, 0.01 M 그리고 0.05 M로 설정하였다. 항균 효과는 24시간 배양 후 colony forming unit의 증감으로 평가하였고 은-의치상 레진복합체 시편의 균 사멸효과는 관찰되지 않았으나 초기 투여 균 수( $1.73 \times 10^7$  cells/ml) 및 대조군에 대한 유의성 있는 진균억제효과가 은 투여농도 0.05 M에서 72.8~80.9%, 0.01 M에서 44.5~55.5%로 나타났으며( $p < 0.01$ ) 질산은과 나노 은 입자 그리고 은 혼합 형태에 따른 항균력 차이는 유의하게 나타나지 않았다( $p > 0.01$ ). 은 첨가 시편들의 평균  $\text{Ag}^+$  용출량은 최저 0.034~최고 1.325  $\mu\text{g/ml}$ 로 본 실험상의 최소발육저지농도(3.0  $\mu\text{g/ml}$ )를 고려할 때 은-의치상 레진 복합체의 항균효과는 은 이온 용출보다 시편복합체의 내재적인 항균성에서 기인한 것으로 나타났다. 은을 투여하지 않은 대조군과의 색차비교에서 은-의치상 레진 복합체의 색조 불안정성이 관찰되었으나 3점 굵힘 강도 실험 결과에서는 양호한 기계적 물성이 나타났다. 위 결과로 은-의치상 레진 복합체의 칸디다균에 대한 내재적 항균특성 및 안정된 물성을 확인할 수 있었으나 임상적 적용을 위하여 색조 불안정성에 대한 개선 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

**주제어:** 은, 의치상 레진, 항균특성, 칸디다

**ABSTRACT.** PMMA denture acrylic resin impregnated by Ag (silver nitrate and silver nano-particles) was evaluated for the growth-inhibitory effect against Candida albicans. The 2 patterns of Ag impregnation to heat-polymerized PMMA resin was prepared as Ag-polymer and Ag-monomer with the concentrations of 0.002, 0.01 and 0.05 M respectively (control: 0 M Ag). These modified resin disc specimens were inoculated with 100  $\mu\text{l}$  fungal suspension ( $1.73 \times 10^7$  cells/ml) with incubation for 24 hours and growth-inhibitory effects were evaluated as the number of colony forming unit (CFU) on the specimen. Significant reduced CFU was found in the concentration of 0.05 M (72.8~80.9%) and 0.01 M (44.5~55.5%) Ag impregnated ( $p < 0.01$ ) without significant differences between silver nitrate and silver nano-particles and Ag-polymer and Ag-monomer ( $p > 0.01$ ). Elution of silver ions ( $\text{Ag}^+$ ) from the specimen by Atomic absorption spectrophotometer (AAS) may have contributed a little to the inhibition of fungal growth considering minimum inhibitory

concentration (MIC) value in this study. The physical properties of modified denture acrylic confirmed with International organization for standardization (ISO) standard as examined by 3-point flexural strength test, however, color stability was proved to be poor for clinical use.

**Keywords:** Silver, Denture Acrylic Resin, Anti-Bacterial Properties, Candida Albicans

## 서 론

치과생체재료학 역사에서 20세기 초 아크릴릭 레진(acrylic resin)을 의치상(denture base) 재료로 사용하기 시작한 이후 PMMA(polymethyl methacrylate) 레진은 현재까지 의치상 재료로 가장 널리 사용되고 있다. 일반적으로 PMMA레진의 중합은 열 또는 화학적 반응으로 이루어지며 열로서 개시제(initiator)인 benzoyl peroxide의 이중 결합이 파괴되어 자유기(free radical)가 형성되고 여기에 단량체(monomer)가 결합되어 중합을 이루지만 중량체(polymer)와 단량체의 중합 시 발생한 기포(porosity)와 표면 거칠기 등은 임상적용에 있어 하부 치은 조직면과의 상시적이며 긴밀한 접촉관계를 가지는 의치장착상황을 고려할 때 의치 내면상에 세균부착 및 집락이 쉽게 유발될 수 있으며 결과적으로 만성염증상태인 의치구내염(denture stomatitis)을 속발시킬 수 있다. 의치구내염은 특히 65세 이상의 고령의 의치장착자의 경우 60% 이상의 이환율을 나타내며 유발균인 칸디다 균의 93% 정도가 *Candida albicans* 종으로 보고되고 있으며<sup>1</sup> 그 기전으로서 칸디다균 세포벽 구성성분변이로 인하여 소수성화(hydrophobic)된 세포면을 가진 세균들이 의치상과 같은 불활성 폴리머 표면에 부착되는 것으로 알려져 있다.<sup>2</sup> 칸디다균은 경질체 표면에서 대개 세균막(biofilm)을 형성하는 특징을 가지는데<sup>3</sup> 치료로서 의치소독 및 장착습관 조절, 국소적인 항진균제의 도포 또는 전신적 약물 치료 등이 있으나 일반적으로 세균막이 형성된 균을 제거하기 위해서는 고용량의 약물 투여가 요구되고 항생제에 대한 낮은 감수성과 고령 환자의 경우 치료에 대한 낮은 순응도 등으로 인하여 비교적 높은 재발률 양상을 나타낸다.<sup>4,5</sup> 따라서 이 질환의 경우 발병 예방이 무엇보다 중요하기 때문에 내재적이며 효율성을 가진 항균성 의치상 재료 개발의 필요성이 대두되어 왔고<sup>6,7,8</sup> 그동안 Nystatin이나 Miconazole 등의 항진균제나 Triclosan 등의 항생제를 의치상에 투여하는 연구들이 있었으나<sup>9,10</sup> 투

여약제의 조기방출 등의 한시성과 화학 항생제에 대한 세균의 내성증가와 같은 문제점들이 지적되어 왔다.

은은 인체에 대한 친화성과 효과적인 항균성을 가진 무기 물질로 전통적으로 생활 용기 등에 사용되어 왔으며 은 또는 은 이온의 항균메커니즘에 대한 연구에 따르면 미생물에 존재하는 아미노기, 티올기, 이미다졸기 그리고 카르복실레이트기 등은 비공유전자를 가진 원자단으로서 이들의 작용기는 은 또는 은 이온과 결합하여 미생물의 호흡 및 전자전달과정을 방해하여 균을 사멸한다고 보고되고 있으며<sup>11</sup> 최근 나노기술의 발달로 금속 은이 가진 항균 특성의 응용확대를 위해 나노 입자 상태로 사용가능한 나노 은 입자( $Ag^0$ , silver nano-particle) 복합체에 대한 제품 개발 및 적용이 활발하게 진행되고 있으며 의치상 레진의 성분인 PMMA의 아크릴레이트는 금속 이온과 적절한 화학결합이 가능하고 중합반응 시 금속 이온의 집괴화 및 침전을 조절하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다.<sup>12</sup> 그동안 치과용 수복재료나 접착제<sup>13</sup> 그리고 중심정맥관 (central venous catheter)과 같은 의료용 기구 등에 은이 항균성 분으로 적용되어 왔으나<sup>14,15</sup> 특히 조직면과 직접적으로 접촉되는 치과생체재료인 의치상 레진의 항균성에 대한 연구는 미비한 실정이다. 항생제 남용으로 인한 내성 방지와 약물 치료비용 증가를 극복하기 위한 새로운 항생물질개발의 추세에 맞춰 천연 무기 항균물질인 은을 함유한 항균 의치상의 개발은 의치구내염 예방 및 염증 차단에 큰 의미가 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 목적은 PMMA 의치상 레진에 은을 질산은과 나노 은의 형태로 첨가한 후 의치구내염의 주 원인균인 칸디다에 대한 항균 효과를 관찰하고 은 첨가에 따른 물성을 평가함으로써 항균 의치상 레진재료 개발 및 임상적용의 가능성을 모색하는데 있다.

## 실 험

### 시약 및 재료

본 실험에 사용된 silver nitrate, PVP(PolyN-vinyl-

2-pyrrolidone)는 Aldrich사 제품을, 열중합용 레진 Lucitone 199<sup>®</sup>는 Dentsply(USA)사 제품을 구입하여 더 이상의 정제 과정 없이 사용하였으며 항균 대상 균 주로서 *Candida albicans* (American type culture collection: ATCC 66026)을 선택하였다.

## 기 기

은 이온의 MIC(Minimum inhibitory concentration; 최소발육저지농도)의 측정과 희석 배양균주 조절을 위해서 분광 광도계(Milton Roy spectronic 20D<sup>+</sup> spectrophotometer, USA)를, 은 이온 용출량 측정에는 진탕배양기(Shaking incubator; JEIO TECH, SI-600R, Korea) 모델과 원자흡광광도계(AAS, Atomic Absorption Spectrophotometer; Perkin -Elmer, Analyst 100, USA)를 이용하였고 실험시편들의 3점 급힘 강도 측정에는 만능시험기(Model 4200, Instron Inc., USA)를 색조 안정성 평가에는 분광측정기(Spectrophotometer Color-reader<sup>®</sup> Minolta CR-10, Japan)모델을 사용하였다. 또한 은 나노 용액과 입자의 특성 분석에는 자외선/가시선 흡수 분광기 (UV/VIS Spectroscopy: SCINO, S-2100)모델과 투과전자현미경 (Transmission Electron Microscope: Hitachi, H-7100, Japan)모델을 각각 측정에 사용하였다.

## 은의치상 레진 및 대조군 시편의 제조

의치상 레진의 중합 시 첨가될  $\text{Ag}^0$  용액은 0.1 N- $\text{AgNO}_3$  수용액 500 ml에 PVP를 5-wt% 농도로 3차 증류수에 용해하여 전체 부피를 500 ml로 만든 다음, 두 용액을 서서히 혼합하여 1 시간 동안 아르곤(Ar) 가스를 주입하여 혼합용액에 존재하는 산소가스를 제거한 다음 20 KGy의  $^{60}\text{Co}$  감마선으로 처리하여 제조하였다<sup>11</sup>. 제조된  $\text{Ag}^0$  용액의 UV/Vis 흡수 스펙트럼은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 403 nm에서 최대 흡수 띠가 관측되었으며  $\text{Ag}^0$  입자의 크기는 Fig. 2에 나타낸 투과전자 현미경 사진에 나타낸 바와 같이 약 50~80 nm 범위의 크기로 관측되었다. 은 이온 용액은 질산은( $\text{AgNO}_3$ )을 초순수에 용해시켜  $\text{Ag}^0$ 와 동일한 은 농도를 기준으로 조절하여 실험하였다. 실험 의치상 레진은 임상에서 통상적으로 사용되는 열중합용 의치상 레진(Lucitone 199<sup>®</sup>, Dentsply, USA)을 선택하였고 실험군 설정은 은 투여 형태에 따라 의치상 레진의 PMMA성분인 파우더 형태의 폴리머와

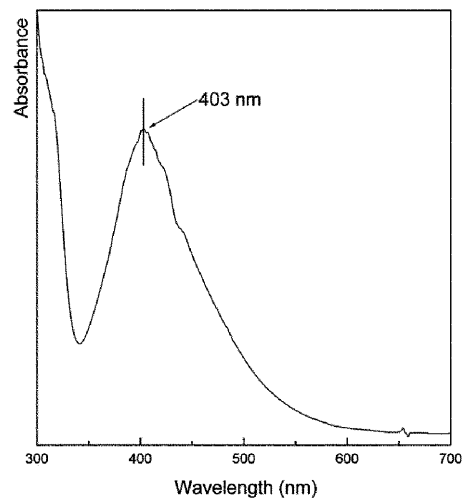


Fig. 1. UV-visible absorption spectrum of silver nano-solution.

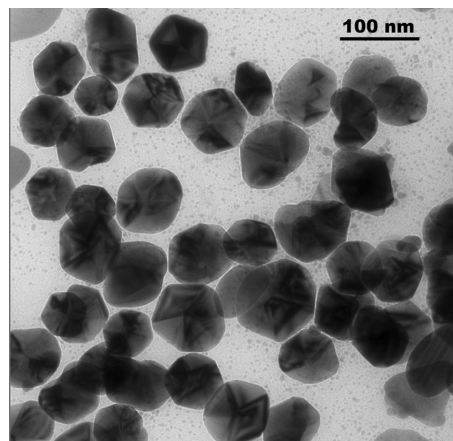


Fig. 2. Transmission electron microscopic image of prepared silver nano-particles in this study.

미리 혼합하여 동결건조 시킨 후 액체상태의 MMA 모노머와 중합하는 형태와 은-모노머 혼합용액을 먼저 제조한 후 폴리머와 중합하는 형태, 그리고 은이 첨가되지 않은 대조군 등 총 5개 군을 설정하였고 이때 초기 은의 혼합을 0.002 M, 0.01 M 그리고 0.05 M의 3가지 농도로 하여 지름 20 mm(두께 3 mm) 디스크형태로 제조사의 지시대로 군 당 각각 5 개씩의 시편을 제작하였다(Table 1).

## 칸디다 균에 대한 $\text{Ag}^+$ 의 최소발육저지농도(Minimum inhibitory concentration: MIC) 측정

*Candida albicans*에 대한 은 이온의 MIC의 측정은

Table 1. Classification of group according to the type and concentration of Ag impregnation into the denure acrylic resin

Group	PMMA (powder)	MMA (liquid)	P/L ratio (g/ml)	Initial concentration of Ag (M)
Control	normal	normal		0
I	Ag <sup>0</sup> sol + powder	normal		
II	AgNO <sub>3</sub> + powder	normal	2.2/1	0.002 / 0.01 / 0.05
III	normal	Ag <sup>0</sup> sol + liquid		
IV	normal	AgNO <sub>3</sub> + liquid		

0.5, 1.0, 2.0, 3.0 그리고 4.0 µg/ml 농도의 은 이온을 100 ml 균 현탁액( $1 \times 10^7$  CFU/ml)에 각각 첨가하고 37°C에서 24 시간 동안 배양 한 후 1 ml 시료분취액 (aliquots)을 분광 광도계(600 nm, optical density 1.0)를 이용하여 시행하였다.

#### 은의치상 레진 복합체의 항균특성 분석

항균 대상 균주인 *Candida albicans*를 Sabouraud agar plates상에서 24시간, 30°C의 조건으로 배양하고 균일하고 최상의 배양을 위해 강도 7의 shaking을 시행하였으며 분광기(Milton Roy spectronic 20D<sup>+</sup> spectrophotometer, USA)를 이용하여 배양균 액을 600 nm에서 흡광도(optical density) 1.0이 되도록 완충용액(Phosphate Buffer Solution: PBS, pH 7.4)에 단계 희석하였으며 초기 생균수 측정을 위하여 단계 희석된 균 액을 도말배양법(spread method)을 시행하여 37°C, 24시간 배양 후 초기 평균 생균수( $1.73 \times 10^7$  CFU/ml)를 측정하였다. 제조된 각 균의 시편은 잔여 단량체(residual monomer) 제거를 위해 상온에서 증류수에 3 주간 보관 후 항균실험 직전 75% alcohol에 1시간 침적시킨 다음 무균증류수를 이용하여 1 시간동안 초음파 세척을 시행하였고 최종적으로 에틸렌옥사이드(ethylene oxide gas) 소독을 시행하였다. 소독된 시편은 지름 24 mm 배양접시(well dish)에 멸균된 각 시편을 넣고 시편위에 희석된 균 액을 100 µl 씩 접종 후 기습 환경 하에서 37°C, 24 시간 배양 조건으로 3 번의 반복실험을 시행한 후 균 집락을 계량화하여 항균 효과를 관찰하였다. 은-의치상 레진 복합체의 항균성에 대한 유의차를 검정하기 위해 일원 ANOVA로 통계처리하고 사 후 비교를 위해 Student t-test를 수행하였으며 모든 통계는 99%의 유의수준으로 검정되었다.

#### 은의치상 레진 복합체의 Ag<sup>+</sup> 용출량 계측 및 물성 검사

은-의치상 레진 복합체로부터 용출되는 은 이온의

양은 각 실험 시편(균 당 5개)을 100 ml 멸균 증류수에 넣고 shaking Incubator에서 37°C, 130 rpm의 조건으로 24시간 용출된 액을 회수한 다음, 원자흡광 광도계를 이용하여 정량하여 비교 분석하였다. 물성 실험으로는 3점 굽힘 강도(3-point flexural strength) 및 은이 첨가 되지 않은 대조군시편과의 색차를 측정하였다. 먼저 3점 굽힘 강도의 경우 실험 시편을 테플론(Teflon)과 금속 몰드를 이용하여 25 mm×2 mm×2 mm(ISO 4049: 2000)의 크기로 하여 제조사의 지시대로 중합한 시편을 각 군당 5 개씩 제작하였고 만능시험기를 이용하여 지점간 거리 20 mm 중앙에 하중속도 1 mm/min의 하중을 가하면서 시편이 파괴될 때의 하중(F)을 측정하여 MPa로 산정하였다. 또한 은 첨가로 인한 의치상 레진의 색조안정성을 평가하기 위해 은이 첨가되지 않은 대조군을 기준으로 은이 첨가 된 시편들과의 색차( $\Delta E^*$ )를 측정하였다 (n=5).

#### 결과 및 고찰

##### 은의치상 레진 복합체의 항균 특성

실제적으로 의치는 치은 점막과 같은 생체조직에 밀접하게 접촉되어 사용되는 형태이며 의치 내면의 세균은 세균영양소가 제한된 정적인 활동 형태(stationary phase)를 나타낸다.<sup>16</sup> 따라서 구강 내 의치 장착 시 세균 부착 상황을 재현하기 위하여 본 항균 실험에서는 100 µl의 미량의 세균혼탁액을 은-의치상 레진 시편 위에 직접 접종하였으며 24시간 배양 후 생균수 증감으로 은/의치상 레진의 항균력을 평가하였다. 시편을 수 십 ml 용량의 세균혼탁액(free-floating planktonic phase)내에 침적시켜 평가할 경우 부유되는 칸디다균은 전형적인 세균막(biofilm)으로 보호되는 표면부착상태의 칸디다균보다 더 낮은 항균제 농도에 민감하기 때문에 은/의치상 레진 시편의 항균 성능평가에 있어서 과장된 항균성 도출로 인하여 실

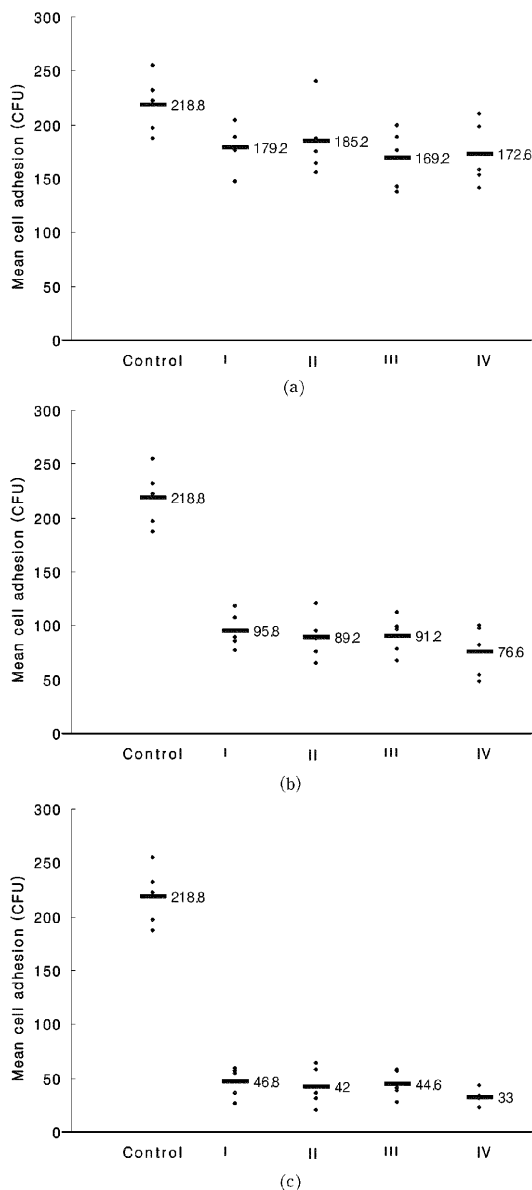


Fig. 3. Mean adhesion (CFU $\times 10^5$ /ml) of *C. albicans* isolated from denture acrylic resin discs impregnated with silver in each group with the concentration of 0.002 M (a), 0.01 M (b), 0.05 M (c) and control (0 M) after 24-hour incubation. Each point represents mean value from three independent experiments and horizontal bar represents the mean value of each group.

제적인 평가가 어려울 수 있다.<sup>17</sup>

0.002 M은 첨가 농도에서 초기 투여 균 수 및 은 이 첨가되지 않은 대조군에 비하여 유의성 있는 항

균효과가 관찰되지 않았으나(Fig. 3(a)) (Table 2) 0.01 M 및 0.05 M 은-의치상 레진 시편들에서 균 완전사멸효과보다는 초기 투여 균 수 및 대조군에 대하여 유의성 있는 진균억제 효과가 나타났으며(Fig. 3(b), (c)) 0.05 M 농도에서 0.01 M에 대해 은 투여 종도 증가에 따른 유의성 있는 항균력 증진이 나타났으나 ( $p < 0.01$ ) 투여된  $Ag^+$ (질산은)와 나노 은 입자사이의 항균력 차이 및 혼합 형태에 따른 항균능력의 차별성은 유의하게 나타나지 않았다( $p > 0.01$ ) (Table 2).

본 실험에서의 *Candida albicans* (ATCC 66026)에 대한 은 이온의 최소발육저지농도는 3.0  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 으로 계측되었고 실험 은-의치상 레진시편들의 평균  $Ag^+$  용출량은 은 첨가 농도에 비례하여 증가되는 경향을 보였으며 최저 0.034~최고 1.325  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 계측되었다 (Table 3). 따라서  $Ag^+$  용출이 균 성장억제에 직접적인 영향을 주지 못한 것으로 나타났으며 이는 4급 압모니움을 첨가한 의치상 레진의 자유 모노머나 항균물질의 배양배지로의 방출이 직접적인 항균효과와 관련없었다는 연구결과와 상응하였고<sup>18</sup> MDBP (Methacryloyloxydodecylpyridinium bromide)-컴포지트(composite) 레진 복합체의 항균성이 필러입자표면에 고정된 항균물질분자와 세균과의 직접 접촉기전으로 설명된 연구에서처럼 0.01 M 및 0.05 M 은-의치상 레진 시편의 칸디다균 억제효과는 균과 PMMA 레진 표면에 고정 분포된 은 이온이나 나노 은 입자와의 직접접촉 시 은의 catalytic action에 의한 활성산소의 항균작용<sup>19</sup>으로 추측되지만 보다 명확한 항균기전에 대한 차후 연구는 필요하리라 사료된다.

### 3점 굽힘 강도 및 색조안정성

은-의치상레진의 3점 굽힘 강도와 색조 안정성에 대한 결과를 Table 4와 Table 5에 각각 나타내었다. 일반적으로 의치상 레진의 기계적 성질을 분석하기 위한 실험으로 인장강도, 압축강도, 3점 굽힘 강도 실험 등이 있으나 본 연구에서 실행된 3점 굽힘 강도 실험은 구강 내에 장착된 의치의 부하형태를 거의 표현할 수 있고 인장 및 압축강도, 비례한계 그리고 탄성계수를 혼합한 형태이므로 인장, 압축강도 실험보다 널리 사용되고 있다.<sup>20,21</sup> 대조군과 비교할 때 0.002 M 그리고 0.01 M 은 함유 농도 시편에서는 투여 은 형태나 혼합 방식에 따른 굽힘 강도의 저하가 나타나지 않았으나 0.05 M 은 투여농도에서는 대조

Table 2. Mean Ag<sup>+</sup> elution from each disc specimen and inhibitory rate (%) of modified denture acrylic discs against *C. albicans* after 24 hour incubation

Group	Fungal viable cell inhibitory rate (%)			
	0 M	0.002 M	0.01 M	0.05 M
(Ag <sup>0</sup> + PMMA) + MMA		+3.5	-44.5 <sup>α</sup>	-72.8 <sup>α,β</sup>
(AgNO <sub>3</sub> + PMMA) + MMA	+26.6	+7.0	-51.5 <sup>α</sup>	-75.7 <sup>α,β</sup>
PMMA + (Ag <sup>0</sup> +MMA)		-3.3	-47.4 <sup>α</sup>	-73.9 <sup>α,β</sup>
PMMA + (AgNO <sub>3</sub> +MMA)		-0.06	-55.5 <sup>α</sup>	-80.9 <sup>α,β</sup>

Letter of α represents values statistically different from control (0 M) and β represents values statistically different from 0.01 M (p<0.01).

Table 3. Mean Ag<sup>+</sup> elution from each disc specimen(n=5).

Group	Concentration of eluted Ag <sup>+</sup> (μg/ml)		
	0.002 M	0.01 M	0.05 M
(Ag <sup>0</sup> + PMMA) + MMA	0.034	0.532	1.083
(AgNO <sub>3</sub> + PMMA) + MMA	0.051	0.726	1.234
PMMA + (Ag <sup>0</sup> +MMA)	0.035	0.625	1.124
PMMA + (AgNO <sub>3</sub> +MMA)	0.062	0.743	1.325

Table 4. Mean value of 3-point flxural strength(n=5)

Group	Flexural strength (MPa ± SD)		
	Control(PMMA + MMA) : 82.2 ± 1.9		
	0.002 M	0.01 M	0.05 M
(Ag <sup>0</sup> +PMMA)+MMA	82.8 ± 2.9	82.6 ± 2.4	92.1 ± 3.2*
(AgNO <sub>3</sub> +PMMA)+MMA	80.2 ± 1.6	82.4 ± 2.2	89.1 ± 2.8*
PMMA+(Ag <sup>0</sup> +MMA)	81.4 ± 1.9	84.3 ± 3.1	92.8 ± 4.5*
PMMA+(AgNO <sub>3</sub> +MMA)	82.1 ± 2.2	82.1 ± 2.6	90.2 ± 3.7*

The values of flexural strength (σ) was calculated from the equation,  $\sigma = 3Fl/2bh^2$ , where *F* is the maximum load (Newton) exerted on the specimen, *l* is the distance between the supports (mm), *b* is the width (mm) and *h* is the height (mm). Figure of \* represents values statistically different from control (p<0.01).

군, 0.002 M 그리고 0.01 M 농도에 대한 굽힘 강도의 유의성 있는 증가가 관찰되었으나(p<0.01) 혼합 방식에 대한 통계적 유의성은 없었다(p>0.01)(Table 4). 일정 농도이상의 무기 은 첨가는 PMMA 의치상 레진의 기계적 물성을 강화시킬 수 있는 것으로 관측되며 결과적으로 은 첨가에 따른 의치상 레진의 물성은 안정적인 양상을 보였다.

은이 함유된 물질의 변색은 은의 산화반응에 의한 대표적인 문제점으로 지적되어 왔는데<sup>22</sup> ΔE\* 수치의 평가 및 해석에 대한 연구로 ΔE\*가 1 이하인 경우 나안으로 식별할 수 없고<sup>23</sup> 미국치과의사협회는 ΔE\* 값이 2 일 때를 색차구별 및 임상적용의 기준 값으로 규정하고 있다<sup>24</sup>. 색조안정성 평가에서 은-의치상 레진 시편들은 대조군에 비해 임상적 기준(ΔE\*; 2.0) 수치보다 현저히 높은 8.38~17.3의 색차범위가 나타

Table 5. The value of color difference (ΔE\*) from control (borderline of clinical acceptability; ΔE\*= 2.0).

Group	ΔE*		
	0.002 M	0.01 M	0.05 M
(Ag <sup>0</sup> +PMMA)+MMA	9.02 <sup>a</sup>	13.27 <sup>b,A</sup>	17.3 <sup>c,C</sup>
(AgNO <sub>3</sub> +PMMA)+MMA	9.16 <sup>a</sup>	13.34 <sup>b,A</sup>	16.9 <sup>c,C</sup>
PMMA+(Ag <sup>0</sup> +MMA)	8.44 <sup>a</sup>	11.03 <sup>b,B</sup>	15.3 <sup>c,D</sup>
PMMA+(AgNO <sub>3</sub> +MMA)	8.38 <sup>a</sup>	11.01 <sup>b,B</sup>	14.9 <sup>c,D</sup>

$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ ,  $\Delta L^* = L_1 - L_0$ ,  $\Delta a^* = a_1 - a_0$ ,  $\Delta b^* = b_1 - b_0$ , *L*<sub>1</sub>, *a*<sub>1</sub>, *b*<sub>1</sub>: Ag impregnated *L*<sub>0</sub>, *a*<sub>0</sub>, *b*<sub>0</sub>: no Ag (control). The different lowercase letter means that there are significant differences among the different Ag concentration(p<0.01). The different capital letter means that there are significant differences within the same Ag concentration(p<0.01).

났으며 첨가 농도가 증가 할수록 색조차이가 유의하게 증가하였고 은 이온과 나노 은 간의 유의한 색조

차이는 나타나지 않았으나 0.01 M 은 투여 농도이상에서 I, II 군의 은/폴리머(Ag+PMMA) 혼합분말형태가 III, IV 군의 은/모노머(Ag+MMA) 혼합형태보다 색조안정성을 유의하게 더 저하시키는 것으로 나타났다(Table 5). 의치상 레진은 치은색을 재현해야하는 심미성도 요구되므로 은 투여에 따른 의치상 레진의 변색은 임상 적용을 위한 필수개선사항으로 나타났다.

## 결론

본 연구에서는 의치상의 주성분인 PMMA 레진에 질산과 나노 은 입자의 형태로 투여된 은-의치상 레진 복합체의 항균 치과생체재료로서의 개발 및 적용가능성을 평가하기 위하여 칸디다 균주를 대상으로 항균특성시험, 3점 굽힘 강도 그리고 색조안정성에 대한 시험을 수행한 결과 아래의 3 가지 결론을 도출하였다. 첫 번째, 칸디다 균주에 대한 항균특성은 은의 첨가 농도가 0.01 M, 0.05 M 농도에서 유의성 있는 균 억제 능력을 보였고 이때 은 이온의 용출량은 최소발육저지농도보다 낮은 수치를 나타내었으며 질산과 나노 은 및 혼합방법에 따른 유의성 있는 항균력은 나타나지 않았다. 두 번째, 기계적 물성을 평가하기 위한 3점 굽힘 강도 실험에서 모든 은-의치상 레진은 양호한 물성을 보였으며 세 번째 색조 안정성에서 은의 첨가에 따른 의치상 레진의색차 변화는 임상적용한계를 초과하는 것으로 나타났다.

본 연구의 은-의치상 레진은 미량의 Ag<sup>+</sup> 용출 하에서 내재적인 항균성을 가지며 적절한 물성을 지닌 항균복합체의 성격을 가지며 의치구내염의 예방 및 치료에 효과적인 것으로 사료된다. 의치 보철물에 있어서 살균성이 아닌 정균성은 내성이나 정상균주보호, 부작용 감소의 측면에서 오히려 바람직할 수 있으나 명확한 임상적 적용을 위한 색조안정성 개선 연구는 계속 필요할 것으로 사료된다.

## 인용문헌

1. Budtz-Jorgensen, E.; Stenderup, A.; Grabowski, M. *Archives of Oral biology* **1975**, *43*, 115.
2. Minagi, S.; Miyake, Y.; Inagaki, K.; Tsuru, H. *Infect. Immun.* **1985**, *Jan*, 11.
3. Ramage, G.; Vande Walle K.; Wickes B. L.; Lopez-Ribot J. L. *Antimicrob. Agents Chemother.* **2001**, *45*, 2475.
4. Brown, M. R.; Gilbert, P. J. *Appl. Bacteriol.* **1993**, *74*, 87.
5. Hawser, S. P.; Douglas, L. J. *Antimicrob. Agents Chemother.* **1995**, *39*, 2128.
6. Sumi, Y.; Miura, H.; Sunakawa, M.; Michiwaki, Y.; Sakagami, N. *Gerodontology* **2002**, *19*, 25.
7. Moskona, D.; Kaplan, I. *Clinical Preventive Dentistry* **1992**, *14*, 11.
8. Budtz-Jorgensen, E.; Mojon, P.; Rentsch, A.; *Dent. Oral Epidemiol.* **2000**, *28*, 141.
9. Douglas, W. H.; Walker D. M. *Br. Dent. J.* **1973**, *135*, 55.
10. Lefebvre, C. A.; Wataha, J. C.; Cibirka, R. M.; Schuster, G. S.; Parr, G. R. *J. Prosthet Dent.* **2001**, *85*, 352.
11. Lee, C. J.; Kim, D. Y.; Kim, B. S. *J. Korean Ind. Eng. Chem.* **2007**, *18*, 1211.
12. Singh, N.; Khanna, P. K. *Materials chemistry and physics* **2007**, *104*, 367.
13. Svanberg, M.; Krasse, B.; Omelfeldt, H. O. *Caries Res.* **1990**, *24*, 133.
14. Yoshida, K.; Tanagawa, M.; Atsuta J. *J. Biomedical Mater. Res.* **1999**, *44*, 516.
15. Samuel, U.; Guggenbichler, J. P. *Int. J. Antimicrob. Agents* **1992**, *23*, 75.
16. Abe, Y.; Ishii, M.; Takeuchi, M.; Ueshige, M.; Tanaka, S.; Akagawa, Y. *J. Oral Rehabil.* **2004**, *31*, 568.
17. Baehni, P. C.; Takeuchi, Y. *Oral Dis.* **2003**, *9*, 23.
18. Pesci-Bardon, C.; Fosse, T.; Serre, D.; Madinier, I. *Gerodontology* **2006**, *23*, 111.
19. Imazato, S.; Ebi, N.; Takahashi, U.; Kaneko, T.; Ebisu, S.; Russel, R. R. B. *Biomaterials* **2003**, *24*, 3605.
20. Craig, R. C. *Restorative dental materials*; CV Mosby Co.: St. Louis, U.S.A., 1988; p 509.
21. Phillips, R. W. *Skinner's science of dental materials*; WB Saunders Co.: Philadelphia, U.S.A., 1982; p 161.
22. Syafiuddin, T.; Hisamitsu, H.; Toko, T.; Igarashi, T.; Goto, N.; Fujishima, A.; Miyazaki, T. *Biomaterials* **1997**, *18*, 1051.
23. O'Brien, W. J.; Groh, C. L.; Boenke, K. M. *J. Dent Res.* **1990**, *69*, 1762.
24. Wozniak, W. T. *Proposed guidelines for the acceptance program for dental shade guides*; American dental association: Chicago, U.S.A., 1987; p 1.