

치아 미백 후 Hydroxy Apatite 및 CPP-ACP 함유 paste도포의 효과 비교

이혜진‡, 김현대, 김민영
동부산대학교 치위생과

Comparison of the effectiveness by hydroxyapatite and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate containing paste on bleached enamel

Hye-Jin Lee‡, Hyun-Dae Kim, Min-Young Kim
Department of Dental Hygiene, Dongpusan College University

ABSTRACT The purpose of this study was to compare of the effectiveness by hydroxyapatite (HAp) and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) containing paste on bleached enamel. Seventy-two bovine enamel blocks were prepared and randomly divided into two groups: distilled water (D-W), 30% hydrogen peroxide. And thirty-six bleached enamel block were divided into three groups: Bleached enamel after distilled water, Bleached enamel after hydroxy apatite paste, Bleached enamel after CPP-ACP paste. The samples were analyzed qualitatively by evaluating morphological changes in the SEM images, microhardness and quantitatively by using roughness parameters (Ra). The acquired data was analyzed by paired t-test and one-way ANOVA followed by Tukey's multiple test for variable at a 0.05 significant level. All the samples showed decrease in the microhardness after two cycles of bleaching, though immediately after bleaching the decrease in the microhardness was significant ($p < 0.05$). Bleached enamel surface of two remineralizing paste groups showed any apparent morphology and roughness changes compared to the enamel which was stored in distilled water only. HAp and CPP-ACP containing paste used in the study causes an increase in the microhardness of bleached enamel by maintaining a high gradient of calcium and phosphate ions at the enamel surface. HAp and CPP-ACP containing paste has the potential to remineralize on bleached enamel.

Key words : Casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate, Hydroxyapatite,
Tooth bleaching

‡ Corresponding author(onlyhelena@hanmail.net)

I. 서론

치아의 3대 기능은 저작기능과 발음기능 그리고 미적기능을 들 수 있다. 따라서 많은 사람들이 이들 기능중 하나라도 상실하게 되면 치과 의료기관을 찾아서 이를 해결하려하는데 주로 저작기능의 장애로 내원하지만 발음기능과 미백기능을 등한시하면 진료에 만족을 느끼지 못하는 경우들이 다수 발생하게 된다. 즉 저작이 주된 기능이지만 미백과 여타의 기능들도 중요한 요소를 차지하고 있다는 것이다[1]. 예전에는 치아의 상실과 비정상적인 치아의 외형 및 부조화를 보이는 치열의 상태 등은 치아의 미적기능의 발휘에 악영향을 줄 뿐 만 아니라 저작기능과 발음의 장애를 동반하여 조기에 치료받게 되었지만, 이에 비에 치아의 색조에 의하여 미적기능에 장애를 받는 경우는 저작 기능과 발음의 장애를 동반하지 아니하여 등한시 되던 실정이었다. 그러나 20세기 후반에 들어서 산업의 발달로 인하여 생활이 풍요로워진 사람들이 치아에 대한 관심을 저작, 발음기능에만 국한시키지 않고 색조에도 관심을 증대시켰다[2,3].

치아미백이란, 강한 산화제인 과산화수소의 oxygen religion mechanical cleaning 작용기전으로 치질 내 착색 부분을 산화시켜 착색을 제거하고 치아를 원래의 색으로 회복시켜주는 술식을 말한다[4]. 즉, 이러한 미백의 원리는 미백제에 포함된 마모성분이 치아표면에 부착된 착색물을 제거하거나 첨가된 표백제가 치아의 표백작용을 일으키는 것인데, 미백작용은 미백제의 주성분인 hydrogen peroxide가 방출하는 반응성이 높은 자유라디칼이 불포화기와 결합에 의한 것으로 알려져 있다. 다시 말해서, 발생한 자유라디칼이 유기물과 결합한 후, 유기물을 변성시키고 그 결과 가시광선을 흡수하는 유기물의 흡수과장이 변하여 미백작용이 나타나는 것으로 보고 있다[5,6]. 이러한 치아미백제가 법랑질의 구조와 구성성분에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 많은 연구가 있어 왔으나, 그 결과에 대

해서는 아직 의견이 분분하다[7-12]. Gultz 등[13]은 30% HP를 처리 하였을 때 법랑질 표면에 변화가 없음을 보고하였으나 Cavalli 등[14]과 Oltu 등[7]은 35% HP를 적절한 시간이상으로 장기노출 시킬 경우 법랑질 표면의 미세구조적인 변화를 야기한다고 보고하였고 Ernst 등[15]은 30% HP를 포함한 미백제를 사용하여 미백처리 후 법랑질 표면이 산부식후와 비슷한 거칠어진 양상을 확인하였다.

임상에서 많이 사용되고 있는 전문가 치아미백은 치아미백 효과를 증폭시키기 위해서 열, 광 레이저와 같은 활성화 또는 자극하는 방법과 함께 고농도의 과산화수소가 사용된다[4-6]. 일반적으로 30-35% hydrogen peroxide, carbamide peroxide가 사용되며 이러한 고농도의 미백제는 강하고 부식성의 농도를 지니고 있다. 그로인해 치아에 야기되는 민감성의 문제, 색소침착의 용이성 증가로 인한 변색, 형태학적 구조변화, 법랑질 강도 저하, 치주조직의 염증반응 등이 발생할 수 있다. 이런 민감성을 줄이기 위한 방법으로 미백제에 불소나 칼슘을 첨가하기도 하거나 탈회된 치면에 재광화를 위해 불소 및 CPP-ACP (Casein Phosphopeptides-Amorphous Calcium Phosphate)와 HAp (Hydroxyapatite)를 사용하기도 한다.

불소는 치약이나 양치액 및 겔의 형태로 널리 사용되고 있으며 지각과민 및 치아우식 예방효과에 탁월한 효과가 있는 물질로 알려져 있으며 일부 미백제에 첨가되어 시판되고 있는 실정이다[16,17]. 또한 CPP-ACP는 우유 단백질인 casein에서 추출한 성분으로, CPP(Casein Phosphopeptides)는 중성과 알칼리성 환경에서, ACP(Amorphous Calcium Phosphate)와 결합함으로써 인산칼슘이 과포화된 안정한 상태를 제공함으로써 탈회를 억제하며 재광화를 촉진시킴으로써 치질을 보존할 수 있다[18,19]. 또한 이온화가 가능한 칼슘과 인산이온을 제공하기 때문에 법랑질 탈회 병소의 재광화에 유리한 환경을 제공하게 된다. CPP-ACP paste는 불소와는 달리 소아가 삼켜도 인체에 무해하고 도포방법이 단

순하여 가정에서도 손쉽게 적용이 가능하다는 장점을 가지고 있다[18-20]. 치아 법랑질의 주성분인 수산화인회석이 조성과 유사한 성분을 가지는 입자로 탈회된 법랑질의 공극들로 침투하여 탈회된 공간을 메우게 되고, 이것은 법랑소주 사이의 공극을 막아 표면의 이온평형을 위하여 용출되는 칼슘의 이동을 방해하여 재광화에 유리한 작용을 하게 된다고 알려져 있다[22,23]

이에 본 연구에서는 전문가 미백제인 30% Hydrogen peroxide를 사용하여 미백조건을 갖춘 후 미백을 함으로써 초래되는 법랑질의 탈회와 관련하여 시중에 판매되고 있는 Hydroxy Apatite 함유 paste 와 CPP-ACP 함유 paste가 법랑질 탈회면에 미치는 재광화 양상을 확인하기 위하여 도포 후 법랑질 표면의 경도변화와 법랑질의 표면변화 및 거칠기를 비교 평가하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

1) 시편 제작

우식이나 결함이 없는 건전한 사람의 전치 치근을 제거한 후 발수하여 증류수로 깨끗이 세척한 후 실험 전까지 0.1% 티몰 용액 (Sigma, USA)에 넣고 냉장보관 하였다. 전치 시료의 1×1cm 가량의 평활면을 제외한 다른 부위를 모두 아크릴레진으로 포매한 후 24시간 뒤 자동연마기 (Automatic polisher; Labopol-1, strusers, Denmark)를 사용하여 냉각수 공급 하에 800, 1000, 1200, 1500, 2000번까지의 사포로 거친 것부터 부드러운 순으로 단계적으로 연마한 후 1 μ m의 다이아몬드 페이스트로 최종 연마하였다. 실험을 할 부위는 상아질이 노출되지 않도록 법랑질에 한하여 바닥과 수평, 평활하게 연마하였으며, 모든 시편은 초음파세척기를 사용해 60분간 충분히 세척과정을 거쳐서 사용하였다.

2) 미백제 및 재광화 paste

시편미백을 위해 미백제는 전문가용 30% Hydrogen peroxide (LumaWhite, Lumalite, USA)를 사용하였으며 미백 후 재광화 paste로는 Hydroxy Apatite paste (Me-plus, Dio, Korea)와 CPP-ACP paste (Tooth mousse, GC, Japan)를 사용하였다.

2. 연구방법

1) 미백 시행

VHN값이 240—260 범위의 시편을 선택하여 72개씩 분류하였으며 30% Hydrogen peroxide (LumaWhite, Lumalite, USA)를 사용하였다. 광원조사 시 겔로부터의 거리를 10 mm 이하로 유지하여 380 nm~520 nm의 파장영역을 가지는 Plasma Xenon arc Lamp (BC 330, B&B Systems, Korea)를 사용하여 조사하였으며 하루에 15분 간격으로 총 4번 1시간을 도포하여 증류수로 세척하였다. 미백은 일주일에 한번씩 4회 적용하였고 미백을 시행하지 않는 시간에는 인공타액에 담귀 보관하였다.

2) 미백 후 재광화 paste 도포

미백처리가 4회씩 끝난 36개의 시편은 대조군으로 증류수그룹과 실험군으로 Hydroxy Apatite paste (Me-plus, Dio, Korea)도포그룹과 CPP-ACP paste (Tooth mousse, GC, Japan)도포, 세 그룹으로 각각 12개씩 나누어 하루에 세 번 양치하듯 3분간 도포하여 일주일을 적용하였다. 분석 전의 모든 시편은 인공타액에 보관하고 충분히 세척한 후 분석에 사용하였다.

3) 법랑 질 표면의 미세경도 측정(VHN)

미세경도측정기 (MVK-H100, Hardness Testing Machine, Akashi Corporation, Japan)사용하여 법랑질 표면의 Vickers hardness number (VHN)를 측정하였다. 미세경도측정기에는 Vickers diamond

indenter가 부착되어 있고 표면경도계 압인방향을 시편의 법랑질 표면에 직상 방으로 위치시킨 후 200gm의 하중으로 10초간 압인하고 계측하여 법랑질 표면경도를 측정하였으며, 각 시편당 3회씩 측정하여 각각의 평균을 구하였다.

4) 주사전자 현미경 관찰

시편의 법랑질 표면형태 변화를 분석하기 위하여 준비된 시편을 초음파 세척기로 1시간 동안 세척한 후 자연건조시켜 진공상태에서 aluminum stub에 부착하여 이온증착기 (E-1010, Hitachi, Japan)에서 Pt-Pd 합금으로 70nm 두께로 코팅시킨 후 주사전자 현미경 (Scanning Electron Microscope; S-4200, Hitachi Co, Japan)을 30,000배율로 조율한 뒤에 20kV하에서 법랑질의 모습을 관찰하였다.

5) 표면 거칠기 측정

미백처리 후, 미백처리가 완료된 시편에 Hydroxy Apatite 함유 paste와 CPP-AC함유 paste를 사용한 전·후의 법랑질 표면의 거칠기의 변화 정도를 알아보기 위해 원자현미경 (Atomic Force Microscopy; Nano-scope III Multimode, Digital Instruments, USA)을 사용하여 표면거칠기 값 (Ra)과 양상을 분석하였다. 원자현미경의 cantilever 길이 450µm, 탄성계수 0.02-0.1N/m인 etched silicon cantilever를 사용하여 tapping mode로 시행하였다.

3. 자료 분석

군별 경도 변화 차이는 일변량 분산분석법 (one-way ANOVA) 및 paired t-test를 이용하였고, 유의수준 5%에서 Tukey의 다중비교법으로 사후검정하였다. 수집된 자료는 통계분석용 소프트웨어인 SPSS (SPSS 13.0 KO for windows, PASS Inc, Chicago, USA)를 이용하여 분석하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 법랑질 표면경도 분석

<Table 1>에서 법랑질 표면 경도 (VHN)는 대조군인 증류수군에서는 실험시 거의 변화를 보이지 않았고 통계적으로도 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>0.05). 반면 미백이 진행됨에 따라 점차 법랑질 표면경도 값이 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이를 나타냈고 미백전과 미백후의 경도차이는 Δ-107로 나타났다(p<0.05).

Fig. 1에서는 미백처리가 완료된 36개의 시편을 각각 12개씩 나누어 증류수 및 HAp 성분 함유 paste와 CPP-ACP 함유 paste를 도포한 결과, 대조군인 증류수 그룹과 비교 시 두 그룹 모두 통계적으로 유의한 차이(p<0.05)와 함께 법랑질 표면경도가 증가했으며 상대적으로 CPP-ACP 함유 paste를 사용한 그룹이 증가 양상이 컸다.

<Table 1> VHN values of enamel during bleaching

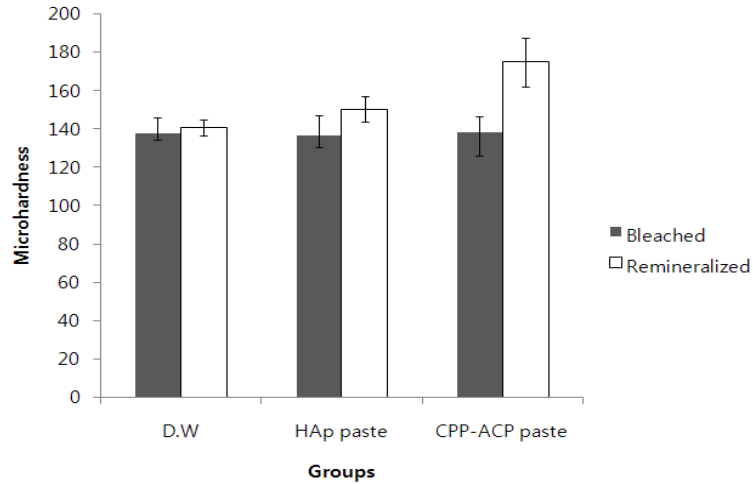
Group	N	Baseline	1st	2nd	4th	p-value1
D.W	36	243.90±17.27 ^a	244.63±5.30 ^a	243.36±4.79 ^a	240.18±10.10 ^a	>0.05
30% HP	36	244.63±15.23 ^a	199.27±10.41 ^{ab}	168.46±9.47 ^b	137.51±8.84 ^b	<0.05
p-value2		>0.05	<0.05	<0.05	<0.05	

Values are mean±S.D

p-values1 were significantly different during among experimental time by repeated measures ANOVA procedure.

p-values2 were significantly different among the group at each time by one-way ANOVA procedure.

a,b,Same letters indicate no significant difference by Tukey's multiple comparison at α=0.05 in each group.

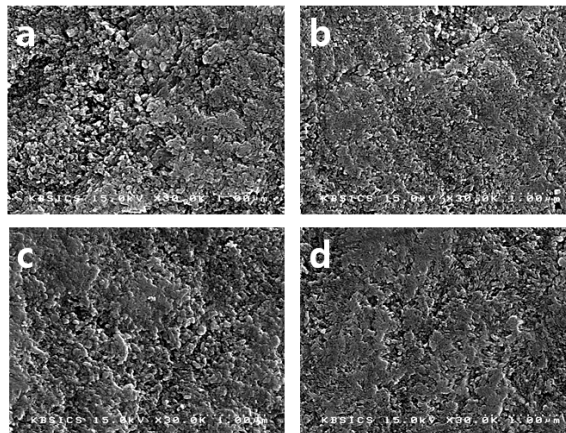


<Fig. 1> VHN values of bleached enamel after remineralizing paste application

2. 법랑질 표면의 미세구조 분석

<Fig. 2>에서 (a)는 30% Hydrogen peroxide를 이용하여 4회 미백 후 법랑질의 표면으로 표면의 붕괴현상을 관찰할 수 있었다. 반면 (c)와 (d)는 재광화 그룹으로 (c)는 30% Hydrogen peroxide를 4회 도포한 후 HAp 성분이 함유된 paste를, (d)는

CPP-ACP 성분이 함유된 paste를 7일간 하루 3번 도포한 표면으로 미백후 법랑질의 붕괴된 표면이 재광화로 인하여 매끄러운 형태를 나타냈고, 상대적으로 HAp 함유 paste군의 법랑질 표면보다 CPP-ACP 함유 paste를 도포한 그룹에서 평활한 법랑질 표면을 관찰할 수 있었다.

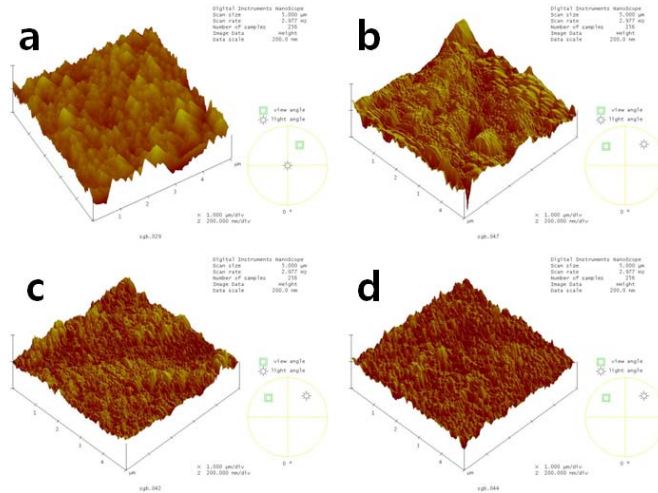


<Fig. 2> SEM images of enamel surfaces. a: Bleached enamel with a 30% hydrogen peroxide b: Distilled water application on bleached enamel, c: Hydroxy apatite paste application on bleached enamel, d: CPP-ACP paste application on bleached enamel. (original magnification $\times 30,000$)

3. 법랑질 표면의 거칠기 분석

<Fig. 3>에서 표면의 거칠기를 나타내는 Ra값은 미백처리군(a)을 관찰하였을 때 미백 후 27.544nm였으며 거칠어진 표면 양상을 관찰할 수 있었다. 반

면 증류수군(b)에서는 21.065nm, HAp paste군(c)은 14.677nm로 CPP-ACP 성분을 함유한 paste군(d)은 13.888nm로 전반적으로 거칠기의 양상이 부드러워진 것을 알 수 있었으며 분석결과가 정량적·정성적으로 비례하는 것으로 나타났다.



<Fig. 3> Atomic force microscope surface topography of enamel surface after experimental. a: Bleached enamel with a 30% hydrogen peroxide, b: Distilled water application on bleached enamel, c: Hydroxy apatite paste application on bleached enamel, d: CPP-ACP paste application on bleached enamel.

IV. 고찰

생활수준이 높아지고 생계적인 면 뿐 아니라 심미적인 관심이 크게 증폭된 요즈음 치과의 환자들 중 치료의 목적으로 내원하는 환자들 이외에 치아 미백에 관심을 가지는 환자들이 늘어나 치아를 삭제하는 도제수복 등의 보철적 방법보다는 치질삭제량이 적으면서 비교적 간편한 치아미백술이 부각되고 있다. 그러나 고농도의 미백제를 사용 시에는 법랑질 표면의 변화를 초래할 수 있다. 본 연구에서도 법랑질 표면의 변화를 관찰하기 위하여 미세경도 측정기, 주사전자 현미경, 원자현미경을 이용하였으며 미세경도를 측정한 결과 미백 처리군에서 통계적인 유의성을 보이면서 점차적으로 표면경도가 낮

아진 것을 알 수 있었다. 이는 Lewinstein 등[24]의 30% CP 처리 후 법랑 질 경도가 감소한다는 보고와 일치하는 결과이며 또한 Lopes 등[25]의 연구에서 다양한 미백용액을 조제하여 법랑 질에 미치는 영향을 분석한 결과, 35% hydrogen peroxide gel의 고농도의 미백제의 경우 미세경도의 감소를 보였다.

이러한 문제점에 따라 본 연구에서는 미백으로 인해 탈회된 법랑질 표면에 치아를 구성하는 주성분인 HAp를 함유한 paste, 그리고 CPP-ACP를 함유한 paste를 사용하여 법랑질에 미치는 효과와 안정성을 확인하고자 하였다. 본 연구에서 사용된 HAp는 인간의 뼈의 화학적인 구성성분과 유사하며 생물학적 활성도가 우수하기 때문에 골이식과 골재생의 재료로서 광범위하게 사용되고 있으며 매우

높은 생체적합성과 우수한 골전도성을 가지고 있고, 독성과 염증성이 없기 때문에 그 활용도에 대한 의미와 기대가 큰 실정이다. 치과분야에서는 치아의 소실을 충전하기 위한 치아수복제, 치아 표면에 대한 연구 등의 목적으로 사용되고 있다. 또한 HAp를 구강 내에 투여했을 때, 칼슘과 인산 등이 소실된 법랑질의 무기질을 보충함으로써 치아의 수복 효과를 기대할 수 있다[22,23].

CPP-ACP는 "Casein Phosphopeptides-Amorphous Calcium Phosphate"의 약자로 안정화된 nanocluster를 형성하여 인산수소칼슘의 저장고 역할을 할뿐만 아니라 연조직에 결합하는 특성이 있어 타액 내 칼슘과 인산이온의 함량을 높이며 법랑질의 재광화를 가속화하므로, 환자 개인의 구강위생상태, 식이습관, 타액의 완충능 및 치태의 구성 성분에 따라 다른 재광화 능력을 갖는 환자들에게 재광화 효율을 높일 수 있는 방법이다[18,19]. 수많은 연구에서 CPP-ACP를 이용한 재광화 연구가 계속되고 있으며 현재 상업적으로 가글, 정제, 무설탕 껌, 치약과 같은 겔의 형태로 발전되어 시판되고 있다[20,21].

본 연구에서는 고농도의 전문가 미백제를 사용하여 미백 후 탈회된 법랑질 표면의 재광화를 위해 HAp 함유 paste와 CPP-ACP 함유 paste를 사용한 결과 두 그룹 모두 법랑질 표면경도가 증가하였으나 상대적으로 CPP-ACP가 함유된 paste를 사용한 그룹이 증가 양상이 컸다. 또한 HAp 성분이 함유된 paste와 CPP-ACP 함유 paste를 사용한 그룹에서 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

원자현미경과 주사전자현미경을 사용하여 정량적 및 정성적으로 표면변화양상을 확인한 결과, 4회 미백 후 27.544nm로 법랑질 표면의 거칠어진 양상을 확인할 수 있었다. 이는 Perdigao 등[10], Josey 등[11]의 연구에서 미백 후 노출시간이 길수록 법랑질 표면의 형태가 불규칙하여 외형이 붕괴되던 현상을 보였던 결과와 일치하는 것을 알 수 있었다. 반면 미백완료 후 HAp (14.677nm) 및 CPP-ACP 함유 paste도포군 (13.888nm)에서는 전반적으로 거칠기가

낮아졌으며, CPP-ACP 함유 paste군이 상대적으로 부드러운 법랑질 표면양상을 보였다. 이는 HAp 및 CPP-ACP 함유 paste에 포함되어 있는 칼슘과 인산 이온 성분이 법랑질의 탈회된 공극으로 침투하여 흡착을 이루게 됨으로써 재광화에 영향을 미친 것으로 관찰되었다.

이상의 결과들을 종합해볼 때 30% Hydrogen peroxide를 이용한 전문가 미백술시 법랑질 표면에 미세구조적 변화를 야기할 수 있으므로, 미백 후에 HAp 함유 paste와 CPP-ACP 함유 paste의 도포를 권장하고, 특히 모든 양상에서 상대적으로 효과적인 재광화를 보인 CPP-ACP 함유 paste를 도포해 전문가 미백술시 야기될 수 있는 지각과민증이나 법랑질의 강도의 저하, 거칠기 등 미세 구조변화의 여러 가지 문제점을 효과적으로 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 한계점은 구강 내 환경을 완벽히 재현하기 힘든 *in vitro* 실험으로 진행되었기 때문에 구강환경에서 타액에 의한 탈회와 재광화가 서로 상호보완되고, 불소와 칼슘, 인산 등 요소들에 의해 치아의 형태학적 구조와 경도, 거칠기 등의 미세변화의 완충을 재현하지 못하였으나 재광화 paste의 안정성 및 생체적합성을 평가하는 기초자료가 되리라 생각되며, 향후 *in vitro* 실험의 한계점을 보완한 연구를 통하여 실제 구강환경에서 일어날 수 있는 요소들이 충분히 반영된 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

V. 요약

본 연구는 전문가용 미백제인 30% Hydrogen peroxide를 사용하여 시편에 인공적으로 미백처리 완료 후 HAp를 함유한 paste와 CPP-ACP 함유한 paste를 사용하여 법랑질 표면의 경도, 형태 및 거칠기에 미치는 영향을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 30% HP를 도포한 미백군은 헛수에 따른 미백 처리 후의 법랑질 표면경도 값이 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 미백 후 HAp 성분 함유 paste와 CPP-ACP 성분 함유 paste를 도포한 결과 두 그룹 모두 법랑질 표면경도가 증가하였으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

2. 미백 후 HAp 함유 paste와 CPP-ACP 함유 paste를 도포한 뒤 법랑질 표면의 변화를 관찰하기 위해 주사전자현미경과 원자현미경을 사용한 결과 미백 후 표면의 붕괴로 인해 불규칙하고 거칠어진 양상을 볼 수 있었으며 HAp 함유 paste와 CPP-ACP 함유 paste를 도포한 그룹에서는 미백 처리에 의해 거칠어진 표면이 재광화로 인하여 상대적으로 평활한 표면을 관찰할 수 있었다.

이상의 결과를 미루어볼 때 미백횟수가 늘어날수록 미백제의 침투로 인하여 법랑질의 표면경도 값이 감소하며 거칠기도 커져 대체적으로 표면이 붕괴되는 양상을 보였다. 이러한 부작용을 막기 위해 HAp 함유 paste와 CPP-ACP 함유 paste의 사용을 통해 법랑질의 재광화에 도움이 될 것이며, 특히 상대적으로 재광화 효과가 뛰어난 CPP-ACP 함유 paste를 사용하면 치아미백 후 나타날 수 있는 민감성, 거칠어짐과 같은 부작용들을 더욱 효과적으로 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Torabinejad M, Walton RE: Principles and practice of endodontics. 2nd ed. Philadelphia, Saunders, pp.385-400, 1996.
2. Leonard RH, Sharma A, Haywood VB: Use of different concentration of carbamide peroxide for bleaching teeth: an in vitro study. Quintessence Int 29(8):503-507, 1998.
3. Sulieman M, Addy M, MacDonald E, Rees JS: The effect of hydrogen peroxide concentration on

the outcome of tooth whitening: an in vitro study. J Dent 32(4):295-299, 2004.

4. McEvoy SA: Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth Currents techniques and their clinical application. Quintessence Int 20(6):379-384, 1989.
5. Joiner A: The bleaching of teeth: a review of the literature. J Dent 34(7):412-419, 2006.
6. Dahl JE, Pallesen U: Tooth bleaching- a clinical review of the biological aspects. Crit Rev Oral Biol Med 14(4):292-304, 2003.
7. Oltu U, Gurgan S: Effect of three concentrations of carbamide peroxide on the structure of enamel. J Oral Rehabil 27(4):332-340, 2000.
8. Ernst CP, Marroquin BB, Willershausen-Zonnchen B: Effects of hydrogen peroxide- containing bleaching agents on the morphology of human enamel. Quintessence Int 27(1):53-56, 1996.
9. Moraes RR, Marimon JL, Schneider LF, Correr Sobrinho L, Camacho GB, Bueno M: Carbamide peroxide bleaching agents: effects on surface roughness of enamel, composite and porcelain. Clin Oral Investiq 10(1):23-28, 2006.
10. Perdiqao J, Francci C, Swift EJ Jr, Ambrose WW, Lopes M: Ultra-morphological study of the interaction of dental adhesives with carbamide peroxide-bleached enamel. Am J Dent 11(6):291-301, 1998.
11. Josey AL, Meyers IA, Romaniuk K, Symons AL: The effect of a vital bleaching technique on enamel surface morphology and the bonding of composite resin to enamel. J Oral Rehabil 23(4): 244-250, 1996.
12. Gerlach RW, Zhou X: Vital bleaching with whitening strips: summary of clinical research on effectiveness and tolerability. J Contemp Dent Pract 2(3):1-16, 2001.
13. Gultz J, Kaim J, Scherer W, Gupta H: Two in-office bleaching systems: a scanning electron

- microscope study. *Compend Contin Educ Dent* 20(10):965-968, 1999.
14. Cavalli V, Arrais CA, Giannini M, Ambrosano GM: High-concentrated carbamide peroxide bleaching agents effects on enamel surface. *J Oral Rehabil* 31(2):155-159, 2004.
 15. Ernst CP, Marroquin BB, Willershhausen-Zonnchen B: Effects of hydrogen peroxide-containing bleaching agents on the morphology of human enamel. *Quintessence Int* 27(1):53-56, 1996.
 16. Armenio RV, Fitarelli F, Armenio MF, Demarco FF, Reis A, Loguercio AD: The effect of fluoride gel use on bleaching sensitivity: a double-blind randomized controlled clinical trial. *J Am Dent Assoc* 139(5):592-597, 2008.
 17. Gladwell J, Simmons D, Wright JT: Remineralization potential of a fluoridated carbamide peroxide whitening gel. *J Esthet Restor Dent* 18(4):206-212, 2006.
 18. Reynolds EC: Anticariogenic complexes of amorphous calcium phosphate stabilized by casein phosphopeptides: a review. *Special Care in Dentistry* 18(1):8-16, 1998.
 19. Iijima Y, Cai F, Shen P, Walker G, Reynolds C, Reynolds EC: Acid resistance of enamel subsurface lesions remineralized by a sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. *Caries Res* 38(6):551-556, 2004.
 20. Shen P, Cai F, Nowicki A, Vincent J, Reynolds EC: Remineralization of enamel subsurface lesions by sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate. *J Dent Res* 80(12):2066-2070, 2001.
 21. Ramalingam L, Messer LB, Reynolds EC: Adding casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate to sports drinks to eliminate in vitro erosion. *Pediatric Dentistry* 27(1):61-67, 2005.
 22. Onuma K, Yamagishi K, Oyane A: Nucleation and growth of hydroxyapatite nanocrystals for nondestructive repair of early caries lesions. *Journal of Crystal Growth* 282(2): 199-207, 2005.
 23. Chow LC, Sun L, Hockey BJ: Properties of nanostructured hydroxyapatite prepared by a spray drying technique. *J Res Natl Inst Stand Technol* 109(1):54-51, 2004.
 24. Lewinstein I, Hirschfeld Z, Stabholz A, Rotstein I: Effect of hydrogen peroxide and sodium perborate on the microhardness of human enamel and dentin. *J Endod* 20(2):61-63, 1994.
 25. Lopes GC, Bonissoni L, Baratieri LN, Vieira LC, Monteiro S Jr: Effect of bleaching agents on the hardness and morphology of enamel. *J Esthet Restor Dent* 14(1):24-30, 2002.

접수일자 2013년 9월 12일
 심사일자 2013년 9월 27일
 게재확정일자 2013년 10월 8일