

# 인공 탈회된 법랑질 표면의 CPP-ACP 와 nano-Sized Carbonated Apatite 함유물질의 재광화효과

색인 : CPP-ACP, nano-CA, 미세경도 측정, 재광화 효과

## 1. 서론

치아우식증은 구강영역에서 가장 흔한 질환으로 무기질 용해와 유기질 파괴로 치아손상을 일으키며 환자에게 동통뿐 아니라 치아기능의 상실로 인한 저작불능 등의 불편과 더불어 경제적인 문제까지 야기 시키는 만성질환이다. 이에 치아우식증 예방을 위한 여러 방면의 노력이 있어왔는데 대표적인 방법으로는 치면세균막관리, 불소이용법, 치면열구전색법과 더불어 설탕의 섭취를 제한하고 조절하는 식이조절법이 있다. 최근에는 자당 대신 구강 내 세균에 의해 산이 생성되지 않는 대체 당류의 이용에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다. 또한 우식예방 효과를 높이기 위한 다양한 제품들이 개발되고 소개되고 있는데 그 중 하나가 치아의 재광화를 유도하는 물질이다.

정상적인 구강 내 환경에서 치아의 무기질은 지속적인 상실과 재침착을 되풀이 하면서 항상성을 유지하고 있다. 따라서 이러한 무기질 교환의 평형을 유지시켜 줌으로써 치아의 건강을 유지하고 우식증을 예방할 수 있다<sup>1)</sup>. Casein phosphopeptide (CPP)는 우유 속에 들어 있는 단백질인  $\beta$ -casein 에 산 또는 효소인 트립신이 가해져 생기는 1차 분해된 펩타이드이다. Casein 이 인산기와 결합한 상태이며 인산기는 음전하를 띠기 때문에 양이온에 대하여 강한 흡수력을 지닌다. 따라서 양이온인 칼슘과의 결합력이 우수하며 단백질 분해 효소인 트립신 처리에 의해 얻을 수 있다<sup>2)</sup>. CPP는 구강 내에서 치면세균막 내의 무정형 인산칼슘 (amorphous calcium phosphate, ACP)과 결합한 형태로 존재하며 치면 내의 칼슘이 포화상태가 되어 완충작용을 함으로써 재광화가 탈회보다 원활하게 되어 치아우식증을 예방한다고 알려져 있다<sup>1)</sup>. CPP-ACP의 법랑질 재광화에 미치는 효과에 관한 연구들은 최근 들어 외국에서는 활발히 논의되고 있으나<sup>2-10)</sup> 국내에서의 연구는 외국의 경우처럼 그다지 활발한 연구는 진행되지 못하고 있다. 이<sup>12)</sup> 등이 2003년 자일리톨, 후노란, 제2인산칼슘 및

카제인포스포펩타이드 배합검이 법랑질의 광질 재침착에 미치는 영향에 관한 실용실험 연구를 하였으며 그 이듬해인 2004년 김<sup>13)</sup> 의 CPP-ACP의 교정 치료 후 치질의 재광화를 임상 사례연구 한 것 외에는 CPP-ACP 에 관한 연구가 거의 없는 실정이다.

CPP-ACP의 연구는 슈잉검을 이용한 경우<sup>2)</sup>, 양치액을 연구한 경우<sup>3)</sup>, 우유나 스포츠 음료로 연구한 경우<sup>14),15)</sup>, 기타 치과용 시멘트<sup>8)</sup>나 치태 내 칼슘 확산과 비교한 경우<sup>9)</sup> 등 매우 다양한 연구 방법으로 재광화 및 우식 예방 효과를 검증하고 있다.

Reynolds는 사람과 동물을 함께 비교한 논문에서 두 그룹 모두에서 항우식증 작용이 있다고 하였으며 streptococcus sobrinus를 대구치에 용액으로 발랐을 때 치아우식을 감소시키는 결과를 나타냈다고 하였다<sup>2)</sup>. 또한 CPP-ACP 는 평활면의 치아우식증을 유의하게 감소시켰는데 0.1w/v CPP-ACP는 14%의 치아우식 감소 효과를, 1%w/v CPP-ACP는 55%의 치아우식 감소효과를 나타냈다고 보고한 바 있다<sup>3)</sup>.

Shen<sup>3)</sup> 등은 CPP-ACP 가 함유된 sugar free gum은 in situ에서 유의하게 법랑질 재광화 효과를 나타냈다고 보고하였으며 Casein phosphopeptide와 무정형의 인산칼슘 (amorphous calcium phosphate)을 배합했을 때 치면세균막 내 칼슘과 인의 농도가 증가하여 치면의 법랑질 이탈을 억제하고 무기질의 침착을 촉진한다고 보고하였다<sup>4)</sup>. 또한 이 두 물질을 배합한 검을 저작하였을 때에도 동일한 효과를 보였으며 자당이 아닌 자일리톨을 배합하면 무기질의 재침착 효과가 더 우수한 것으로 보고하였다<sup>4),5)</sup>.

재광화 물질로 각광 받고 있는 또 다른 물질로 Hydroxy apatite를 들 수 있는데 이것은 초기 치아우식 병소에 미치는 영향이 매우 높다고 보고되고 있다<sup>11)</sup>. 여러 종류의 apatite 중에서 Hydroxy apatite 는 척추동물의 뼈나 치아의 주성분으로 생체 친화성이 매우 좋고 뼈에 직접 결합하기 때문에 생체 재료로서 중요한 위치를 차지하지만 수산화기를 갖고 있어 수소이온농도(pH)가 11-12정도의 염기성을 띄고 있다. 치아우식증이 섭취된 음식물에 존재하는 탄수화물이 치태 내 세균에 의해 발효되어 유기산이 형성되며, 생성된 유기산이 치아 경조직의 무기질을 탈회시키는 것이라 한다면 재광화에 있어 pH 의 역할은 매우 중요하다 할 수 있다. Moor<sup>1)</sup> 등은 치태의 우식원성을 측정하는 기준으로 pH를 사용한 바 있다 . 또한 Feagin 등<sup>16)</sup> 에 의하면 재광화와 완충용액의 pH증가 사이에는 명확한 비례적 상관관계가 존재한다고 하였고 Margolis<sup>17)</sup> 등은 산성용액이 중성용액보다 재광화에 더 효과적이라고 보고하였다. 또한 Featherstone은 재광화에 적당한 pH를 6-8로 보고한 바 있다<sup>18)</sup>. pH가 4.5 이하인 상태에서 치아침식증과 pH 4.5-5.5 사이에서 치아우식증이 발생한다면 pH 5.5 이상에서 재광화가 일어날 수 있는 상황이 될 것이다. 재광화에 있어 수소이온 농도가 어느 정도 영향을 미칠 것이므로 약 염기성의 pH를 갖는 재료를 사용하여 탈회 후의 재광화 효과를 연구하는 것이 바람직 할 것이다.

Apatite 중에서 탄산(carbonic acid)이 함유된 Carbonated apatite는 pH가 7-8 정도의 약

염기성을 띄고 있어 재광화를 유도하는 후보물질로서 유용하게 사용되어 질 수 있을 것이다. Carbonated apatite 에 관한 정<sup>19)</sup>의 연구에서 Nano-sized Carbonated apatite를 함유하고 있는 치약을 사용하였을 때 치아 내 재광화가 효과적으로 나타남을 알 수 있다.

현재 가장 효과적인 재광화 물질은 1차적인 방어 역할을 하는 구강 내 타액과 불소라 할 수 있다. 타액은 산에 대한 완충작용과 청정작용을 하며 치면의 칼슘이나 인 같은 무기질을 과포화 상태로 존재하게 하여 재광화를 돕는다<sup>20)</sup>. 또한 타액 내 저농도로 항상 존재하는 불소에 의한 효과도 치질의 보호와 재광화에 중요한 역할을 한다. 그러나 치아의 재광화에 관한 연구 가운데 불소와 타액의 역할은 많은 부분 입증되었고<sup>11),12),20)</sup> 근래에는 이들 재광화 물질 외 다른 물질들의 개발에 많은 더 많은 관심과 노력을 기울이고 있다.

따라서 치아의 재광화 역할을 수행 할 수 있는 여러 가지 다양한 물질을 개발하고 연구하는 것이 필요하다 생각되어 Carbonated apatite를 나노 크기의 입자로 제작하여 구강 내에서 부정형인산칼슘(ACP)과 결합한 후 재광화를 유도하는 CPP-ACP와의 구강 내 재광화 효과를 상호 비교하여 새로운 지견을 얻게 된다면 향후 치아우식증 예방효과를 검토하는데 매우 유익한 자료가 될 수 있을 것이라 생각된다.

## 2. 연구 대상 및 방법

### 2.1. 연구대상 치아 및 재료

본 연구에서는 CPP-ACP 와 Nano-sized Carbonated apatite의 재광화 효과비교를 위하여 tooth mooth(GC, Japan)와 자체 제작 의뢰한 Nano-sized Carbonated apatite paste를 이용하여 실험실 내에서 구강과 동일한 조건으로 실험하여 각각의 재광화 효과를 비교하였다. 치아는 육안으로 보아 법랑질 형성부전이나 상아질 노출이 없는 건전한 법랑질 표면을 가진 우전치 30개를 시용하였다. 치아는 치아 표면에 부착되어 있는 연조직과 이물질을 제거하고 소의 영구절치로부터 3mm의 원통형 법랑질 시편을 만든 후 지름 7mm, 길이 50mm의 투명 아크릴 봉에 포매하였다.

### 2.2. 연구 방법

#### 2.2.1. 시편제작

시편을 #600, #1200, #1500, #1800, #2400, #4000 순으로 silicone carbide paper로 연마한 후, 알루미늄 실리케이트 분말로 최종 연마하였다. 시편의 1.5mm×1.5mm의 창을 제외하고 나머

지 부위는 nail varnish를 도포하였다. VHN 경도기를 이용하여 상아질이 노출되거나 굽힘, 흠집이 심한 시편들을 제외시키고 법랑질이 건전한 시편들을 대상으로 초기 경도를 측정하여 VHN 300이상인 경도가 우수한 시편만 선택하였다.

#### 2.2.2. 인공우식 용액 제조 및 우식병소 유발

인공우식용액은 pH meter를 표준 버퍼(pH4 와 pH4.7)로 하여 수산화인산칼슘(calcium phosphate; tribasic Sigma, USA)이 50% 포화된 0.1M 젖산(Lactic acid, Sigma, USA)과 HCL 용액을 이용하여 pH 5.0을 계속 유지하면서 0.55 $\mu$ m 여과지를 이용하여 여과하였다. 여과된 용액을 1% carbopol 용액 200g 과 희석하고 NaOH를 이용하여 최종 pH를 5.0으로 조절하였다.

제조된 인공우식 용액을 5ml씩 취하여 준비된 폴리에틸렌 용기에 넣고 법랑질 시편이 접촉된 아크릴봉을 시험관 뚜껑에 부착시킨 다음 시편이 우식용액에 잠기도록 하여 뚜껑을 닫고 37 $^{\circ}$ C 항온기에 2일간 보관하여 우식병소를 유발시켰다. 그 뒤 증류수로 세척한 다음 미세 경도 측정 전까지 증류수에 보관하였다.

#### 2.2.3. 재광화 용액 제조

재광화 용액은 인공타액과 사람의 자극성 타액을 1:1로 혼합하여 사용하였다. 인공타액은 2 l의 증류수에 위점액소(gastric mucin, Difco, USA) 0.22%, 염화칼륨 (KCl) 0.114%, 제2수산화인산칼슘(KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 0.0738%, 염화나트륨(NaCl) 0.0738%, 염화마그네슘(MgCl<sub>2</sub>) 1.033%, 염화칼슘(CaCl $\cdot$ 2H<sub>2</sub>O) 0.213% 가 되도록 구성한 다음 pH 6.8로 조절하였다. 자극성 타액은 전신질환이 없는 20대 100명으로부터 0.5g의 파라핀 왁스를 씹어서 채취한 후 원심분리하여 상층액 만을 이용하였다.

#### 2.2.4. 실험용액의 제조

10%의 CPP-ACP (tooth mooth, GC, Japan) 와 nano-Carbonated Apatite (0%, 5%, 10%) 를 준비하여 인공적으로 초기 우식이 형성된 치아 시편을 실험액에 하루 두 번 5분간 침적시킨 뒤 재광화 용액에 24시간 동안 담가놓고 2주간 같은 방법으로 실시하였다.

Table 1. 연구에 사용된 재료의 구성

Group	Solution	Classification
I	D. W.	Negative control group
II	0% nano-CA	Positive control group
III	5% nano-CA	Experimental group
IV	10% nano-CA	Experimental group
V	10% CPP-ACP	Experimental group

### 2.2.5. 치아표면 미세경도 측정

인공 우식이 유발된 법랑질 표면을 대상으로 미세경도기(JT, Toshi Inc, Japan)를 이용하여 시편 표면에 수직이 되게 200g 의 하중으로 10초 동안 가하여 VHN을 측정하였다. 시편 당 window의 상, 하, 좌, 우 4점을 선정하여 측정하였으며 탈회 후 시편의 4개의 평균치가 VHN 40-80인 것을 선택하여 균일한 미세경도를 가지는 시편들을 대상으로 재광화 실험에 사용하였다. 2주간의 재광화 실험이 끝나면 위와 같은 방법으로 VHN을 측정하였다

### 2.2.6. 통계분석

단면 미세경도 와 병소 깊이에 대한 측정치를 SPSS 통계프로그램을 이용하여 One-way ANOVA test로 유의성을 검증하고 Duncan test로 사후검정을 실시하였다.

## 3. 연구 성적

### 3.1. 탈회 소견

우전치의 표면을 탈회시킨 시편들의 최초 표면 경도는 0%, 5%, 10% nano-CA 군과 10% CPP-ACP, D.W 군과의 중앙값이 각각 377.0, 380.3, 375.2, 379.8, 380.0으로 다섯 군 사이의 유의한 차이는 없었다(Table 2).

법랑질을 탈회시킨 후 각 군의 표면경도는 중앙값이 각각 57.7, 55.2, 59.1, 56.9, 58.0으로 각 군간의 차이가 없었고 다섯 군 모두 법랑질 탈회 후 표면경도가 크게 감소하였다(Table 2).

Table 2. Vicker's Hardness Number(VHN) 를 이용한 시편의 탈회 전 · 후 표면경도 비교

구분	탈회 전		탈회 후	
	Median	Range	Median	Range
0% nano-CA	377.0	358.9 ~ 385.9	57.7	55.2 ~ 58.2
5% nano-CA	380.3	360.4 ~ 394.3	55.2	44.6 ~ 57.1
10% nano-CA	375.2	363.7 ~ 396.0	59.1	56.5 ~ 61.2
10% CPP-ACP	379.8	360.4 ~ 378.5	56.9	55.8 ~ 57.9
D,W	380.0	355.2 ~ 391.1	58.0	58.1 ~ 61.2

### 3.2. CPP-ACP와 nano-CA 군과의 재광화 효과에 관한 분산분석

CPP-ACP 군과 nano-CA 군과의 재광화 효과 비교를 위하여 초기 우식을 갖는 법랑질 시편을 pH 순환 모델에서 1일 5분씩 3회 재광화 처리 용액과 타액을 번갈아 가며 14일간 처리 후 법랑질의 표면경도의 변화를 살펴보았다(Table 3).

pH 순환 모델을 통한 경도 변화를 살펴보면 5% nano-CA 군에서 가장 높은 경도 변화가 있는 것을 알 수 있으며 10% nano-CA 군과 10% CPP-ACP 군에서 유의하게 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ( $p=0.752$ ).

Table 3. CPP-ACP와 nano-CA 군과의 재광화 효과에 관한 분산분석

Group	Baseline	Demineralization	Treatment	$\Delta$ VHN
0% nano-CA	377.0±17.14	57.7±3.16	59.9±7.32*	4.12±6.24 <sup>b</sup>
5% nano-CA	380.3±15.31	55.2±3.17	97.1±6.47*	46.37±50.25 <sup>a</sup>
10% nano-CA	375.2±11.12	59.1±3.12	60.3±4.98*	1.28±1.32 <sup>b</sup>
10% CPP-ACP	379.8±10.90	56.9±3.10	61.7±4.05*	6.11±4.22 <sup>b</sup>
D,W	380.0±13.42	58.0±3.13	60.2±4.87*	4.10±0.98 <sup>b</sup>

\* :  $p<0.001$  by paired t-test, a,b : Grouping by Duncan's multiple comparison test (ANOVA)

## 4. 총괄 및 고안

법랑질 표면의 탈회와 재광화 여부는 치면과 접한 환경의 칼슘과 인의 농도, pH 등이 주된 요인으로 작용하여 결정되고 불소가 법랑질 표면의 운명에 중요한 역할을 하게 된다<sup>14</sup>.

즉 치아 표면의 무기질이 탈회되거나 pH와 연관하여 무기질 결핍 상태가 되면 결정의 성장이나 새로운 침착이 일어나지만 반대의 경우 탈회가 일어나게 되며 불소가 치아주위에 접촉된 상태로 있으면 직접적인 침착과 함께 재광화를 증진시키고 탈회를 방지하는 작용을 한다<sup>14)</sup>. 따라서 재광화와 탈회의 가역적인 현상 속에서 재광화를 좀 더 활성화시켜 줄 수 있는 조치를 취할 수 있다면 치아우식증은 예방될 수 있다.

CPP-ACP는 멜버른 대학에서 개발한 것으로 우유 유래 단백질인 카제인포스포펩타이드(CPP)와 비결정성인산칼슘(ACP)의 복합체이다. CPP-ACP는 칼슘과 인을 과포화상태로 구강 내에 제공한다<sup>6)</sup>. 이 무정형의 인산칼슘은 용해되면서 확산되는 형태( $\text{CaHPO}_4$ )로 낮은 pH에서 칼슘과 인 이온의 용출을 통해 치아의 탈회된 법랑질 또는 상아질의 재형성을 가능하게 한다.<sup>7-8)</sup>

최근에는 치아우식증 발생의 숙주요인을 제거하고 저항기능을 강화하여 치아우식증을 예방하는 방법 뿐 아니라 병원체 요인 및 환경 요인에 대하여 적극적인 연구가 이루어지고 있다. 특히 불소와 자일리톨에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있는데 치약이나 구강양치액에 함유하여 법랑질의 칼슘과 인 등의 소실된 부위의 무기질을 보충해 줌으로써 치아보호 역할을 하고 있는 Hydroxy apatite 가 그 한 예이다.

최근 여러 다양하고 첨단화 된 장비에 의해 조기 탐지되고 있는 초기 우식병소를 원래의 치질로 회복시킬 수 있는 재광화 유도 후보물질에 대한 탐색이 진행되고 있는 상황 속에서 Hydroxy apatite 와 유사하지만 수소이온농도에서 중성을 갖고 있는 Carbonate apatite는 인간의 치아와 화학적인 구성성분이 매우 유사하고 생체적합성도 뛰어나 재광화 유도 후보물질로서 매우 기대가 되고 있는 물질이다. 이 Carbonate apatite를 나노 크기로 가공하여 적용할 경우 향상된 재광화 효과를 얻을 수 있을 것이다.

본 연구에서는 CPP-ACP와 Carbonate apatite의 인공 탈회된 법랑질 표면에서의 재광화 효과를 비교하였다. 이 과정에서 시편들의 미세경도는 Vicker's Hardness Number(VHN)를 이용하여 측정하였고 실제 구강 내 환경과 유사하게 하기 위하여 pH 순환모형을 이용하였다. 특정물질의 치아우식증 예방효과를 평가하는 여러 가지 방법 중에서 초기 우식병소의 재광화 정도를 판단하는 방법이 여러 가지 개발되어 왔는데 치면에 미네랄이 재침착되면 치면의 표면 경도가 증가할 것이라는 가정 하에 치아 시편의 횡단면 미세경도를 측정하는 방법이 주로 사용되고 있다,

그러나 CPP-ACP의 경우 실제 구강 내에서 3분 내지 5분 정도 도포한다고 가정하여 실험실에서 5분씩 하루 3회 pH 순환 처리되어 매우 짧은 시간동안 도포되었다는 점과 구강 내 미생물에 의한 재광화 효과가 있음에도 불구하고 실험실의 한계상 미생물을 재현하지 못했다는 것이 이 연구의 큰 제한점이 될 것이다. 재광화 효과를 비교하기 위한 측정방법으로 본 연구에서는 여건상 공초점 레이저 주사현미경 관찰 없이 미세경도측정기만을 이용해서

표면의 재광화 효과를 비교하였다. 실험 결과 모든 군에서 처리 전과 처리 후 경도 값이 통계적으로 유의하게 증가하였으나 특히 5%의 nano-CA 군에서 차이가 많이 나타남을 알 수 있었다.

이러한 결과는 탈회 초기와 비교하였을 때 모든 군에서 어느 정도 재광화가 진행된다는 것을 보여주는 것이다. 또한 10%의 nano-CA 군과 비교하였을 때 농도가 높다고 하여 재광화 효과가 더 뛰어난 것이 아니라는 것 역시 잘 나타나고 있다.

한편 치아우식증에 대한 우유의 영향은 우유에 함유된 카제인 성분이 법랑질의 표면 직하방 탈회를 방지하는데 중요한 역할을 한다고 알려져 있다<sup>3)</sup>. 인 단백질은 골조직에서도 칼슘과의 친화력과 함께 apatite의 성장의 핵으로 작용하여 재광화를 돕는 역할을 한다<sup>23)</sup>. 그러나 본 연구에서 Table 3과 같이 표면경도에서 5%의 nano-CA 군과 비교해서 차이가 나게 된 이유는 CPP-ACP의 함유가 10% 정도 들어있는 Tooth mooth(GC)를 물에 희석해서 사용하였기 때문인 것으로 여겨진다. 또한 5%의 nano-CA 군과 10%의 nano-CA 군을 상호 비교하여 보았을 때 어느 정도 일정한 양의 무기질이 침착되면 치아는 포화상태가 되어 더 이상의 침착이 이루어지지 않는 것을 예상할 수 있다

본 연구에서는 CPP-ACP와 nano-CA와의 재광화 효과를 비교하였는데 단시간의 접촉만으로 재광화 효과를 확인하기는 어렵지만 CPP-ACP와 5% nano-CA 는 어느 정도 재광화 효과를 가진다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이러한 물질에 재광화 물질로 월등한 효과를 가지고 있는 불소를 첨가한다면 더 큰 효과를 기대할 수 있으리라 여겨진다.

실제로 최근에 CPP-ACP에 불소를 함유하여 개발하고 있는 추세이다.

본 연구는 실험연구이므로 실제로 인간의 구강 내 다양한 환경과 차이가 있을 수 있는데 구강 내에서는 우수한 재광화 물질인 타액이 지속적으로 새롭게 분비되고 있는 반면 본 연구에서는 수집된 타액을 이용하였고 일상생활 중에 구강 내에서 치아와 주로 접촉되는 것은 비자극성 타액이지만 실험이라는 한계로 자극성 타액을 사용하였다. 그리고 CPP-ACP와 nano-CA 모두 구강 내에서 적용될 때 치태나 타액에 어느 정도의 기간 동안 잔존하면서 서서히 제거되지만 실험에서는 일정기간을 적용시키고 세척할 수 밖에 없어서 잔존효과를 알 수 는 없었다.

본 연구를 통해 탈회된 법랑질 표면을 CPP-ACP와 nano-CA 로 처치하였을 때 뚜렷한 재광화 효과가 확인되었고 이는 5%의 nano-CA를 사용하였을 때 가장 효과가 컸다. nano-CA물질을 치약이나 구강용품에 활용하여 개발하고 치아의 접촉시간을 증가시킬 수 있는 방법이 고안된다면 치아우식증을 예방하는 데 많은 도움이 될 수 있을 것이다. 따라서 향후 농도를 더 세분화하는 등의 다양한 실험방법과 분석방법 등을 통해 치아우식예방 후보 물질의 우식억제 및 재광화 효과 연구가 진행되어야 하리라 본다.

## 5. 결론

본 연구의 목적은 CPP-ACP와 nano sized Carbonate Apatite의 초기 우식병소의 재광화 효과 비교를 위하여 0.1M 젓산과 HCL 용액을 이용하여 인공 탈회시킨 법랑질 표면을 Vicker's Hardness Number(VHN) 를 이용하여 치아의 재광화 효과를 비교하였다.

0% nano-CA, 5% nano-CA, 10% nano-CA, 10% CPP-ACP와 D.W로 나누어 pH 순환모델을 이용하여 14일간 각각 하루 3회씩 5분간 처리되었으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 우전치의 표면을 탈회시킨 시편들의 최초 표면 경도는 5개 군 사이의 유의한 차이는 없었으며 5개 군 모두 법랑질 탈회 후 표면경도가 크게 감소하였다.

2. pH 순환 모델을 통한 경도 변화를 살펴보면 5% nano-CA 군에서 가장 높은 경도 변화가 있는 것을 알 수 있었으며 10% nano-CA 군과 10% CPP-ACP 군 유의하게 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

이상의 실험결과를 종합해 볼 때 nano sized Carbonate Apatite는 재광화 효과를 나타내며 10% CPP-ACP 군과 비교하였을 때 5%의 nano-CA 가 인공 우식병소에 재광화 효과가 있음을 알 수 있어 향후 nano-CA 의 치아와 접촉할 수 있는 방법을 고안하다면 재광화 자연물질인 타액의 기능에 상승효과를 얻을 수 있을 것이라 여겨진다.

## 참 고 문 헌

1. Moore BW, Carter WJ, Fosdick LS. The formation of lactic acid in dental plaque (I). J. Dent Res 1956;35:778-785
2. Adamson NJ, Reynolds EC, Characterisation of tryptic casein phosphopeptides prepared under industrially-relevant conditions. Biotech Bio eng 2006;45:196-204.
3. Shen P, Cai F, Nowicki A, Reynolds EC. Remineralization of enamel subsurface lesion by sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate, J. Dent, Res. 2003;2066-2070.
4. Reynolds EC, Cai F, Shen P, et al. Retention in plaque and remineralization of

- enamel lesions by various forms of calcium in a mouthrinse or sugar free chewing gum. *J, Dent, Res*, 2003;82(3):206-11
5. Shen P, Cai F, Nowicki A, et al. Remineralization of enamel subsurface lesion by casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate solution, *J, Dent Res* 1997;76(9):1587-1595
  6. Y. Iijima, F. Cai, P. Shen, et al. Acid resistance of enamel subsurface lesions remineralization by a sugar-free chewing gum containing casein phosphate. *Caries Res* 2004;38:551-556.
  7. P. Shen, F. Cai, A. Nowicki, et al. Remineralization of enamel subsurface lesions by sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-Amorphous calcium phosphate. *J Dent Res* 2001;80(12):2066-2070.
  8. S.A. Mazzaoui, M.F. Burrow, M.J. Tyas, et al. Incorporation of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate into a glass-ionomer cement. *J Dent Res* 2003;82(11):914-918.
  9. R. K. Rose. Effects of an anticariogenic casein phosphopeptide on calcium diffusion in streptococcal model dental plaques. *Archives of Oral Biology* 2000;(45):569-575.
  10. Kanako Yamaguchi, Masashi Miyazaki, Toshiki Takamizawa. Effect of CPP-ACP paste on mechanical properties of bovine enamel as determined by an ultrasonic device. *J Dent* 2006;34:230-236.
  11. 김민영. pH 순환 모형을 이용한 불화나트륨과 나노-수산화인회석의 재광화 효과. 연세대학교 대학원 석사학위논문, 2006.
  12. 이병진, 배광학, 박우철 외 4인. 자일리톨, 후노란, 제2인산칼슘 및 카제인포스포펩타이드 배합검이 법랑질의 광질재침착에 미치는 영향에 관한 실용실험연구. *대한구강보건학회지* 2003;27(4): 553-567
  13. 김영원, 박명순, 유영규, 이지연. Microabrasion 과 Tooth mouss를 이용하여 교정치료시 발생한 법랑질 탈회의 효과적 제거 증례. *국민건강 보험공단* 2006. 2.
  14. Fejerskov O, Ekstrand J, Burt BA. Fluoride in dentistry. 2nd ed. Munksgaard, Copenhagen. 1996:88-95,
  15. H.J. Lee, J.H. Min, C.H. Choi, H.G. Kwon, B.I. Kim. Remineralization potential of sports drinks containing nano-sized hydroxyapatite. *Key Engineering Materials* 2007;330:275-278.
  16. Feagin, F, Patel P.R., Koulourides, et al. Study of the effect of calcium, phosphate, fluoride and hydrogen ion concentrations on the remineralization of partially

- demineralized human and bovine enamel surfaces. *Archs Oral Biol* 1971;16:535-548.
17. Margolis, H.C., Moreno, E.C. Effect of low levels of fluoride in solution on enamel deminerlization. *J Dent Res* 1986;65:23-29.
  18. Featherstone, J.D.B., Rodgers, B.E. Smith, M.W. Physiochemical requirements for rapid remineralization of early carious lesions. *Caries Res* 1981;15:221-235.
  19. S.H. Jeong, S.J. Hong, C.H. Choi, B.I. Kim, Effects of new dentifrice containing nano-sized carbonated apatite on enamel remineralization, *Key. Engineering Materials* 2007;330:291-294.
  20. 김소라. pH 순환모형에서 과포화 용액의 초기 우식법랑질에 대한 재광화 효과, 연세대학교 대학원 석사학위논문, 2000.
  21. 차승우. 공초점 레이저 주사 현미경을 이용한 법랑질 초기 우식 재광화의 정량적 분석. 연세대학교 대학원 석사학위논문, 2007
  22. Meurman JH, Frank RM. Scanning electron microscopic study of the effect of salivary pellicle on enamel erosion. *Caries Res* 1991;25:1-6
  23. Andre Poitevin, Maleen Peumans, Jan De Munk, et al. Clinical Effectiveness of a tooth-coating cream containing Casein Phosphopeptide-Amorphous Calcuim Phosphate for the treatment of dentin hypersensitivity, *BIOMAT* 2006;0136.
  24. Kanako Yamaguchi, Massashi Miyazaki, Toshiki Takamizawa, Hirohik. Effects of CPP-ACP paste on mechanical properties of bovine enamel as determined by an ultrasonic device, 2006;35:695-698.

Abstract

## CPP-ACP of artificially Demineralized Enamel surface and Remineralization of material containing nano-Sized Carbonated Apatite

Key Words : CPP-ACP, nano-CA, Vicker's Hardness Number(VHN), remineralization

This study compared tooth's remineralization using enamel surface artificially demineralized with 0.1M lactate and HCL solution using Vicker's Hardness Number(VHN) to compare CPP-ACP and remineralization of nano-sized Carbonate Apatite's initial caries.

Using pH circulation models divided into 0% nano-CA, 5% nano-CA, 10% nano-CA, 10% CPP-ACP and D.W, they were treated for 5 minutes, three times a day for 14 days to get the following results.

1. There were no significant differences among the initial surface hardness of samples demineralized surface of front tooth in 5 groups, and all 5 groups' surface hardness reduced significantly after demineralization of enamel.
2. When inquiring into hardness changes through pH circulation model, the highest hardness change was in 5% nano-CA group. Also, 10% nano-CA and 10% CPP-ACP groups increased significantly, but there was no significant difference statistically.

In generalizing the above experiment results, nano-sized Carbonate Apatite showed remineralization, and compared to 10% CPP-ACP group, 5% nano-CA had remineralization to artificial caries, thus implies that when we develop method to contact with tooth of nano-CA in the future , it is expected to gain synergy effect on function of saliva, a natural remineralization material.