

산부식 시간과 도포 횟수에 따른 불화 카제인포스포펩타이드-아모르포우스칼슘포스페이트의 치아 법랑질 재광화 효과

정수진¹, 이미라^{2*}

¹건양대학교 치위생학과, ²백석문화대학교 치위생과

Remineralization effect of casein phosphopeptide- amorphous calcium fluoride phosphate on the tooth enamel according to the etching time and frequency of application

Su-Jin Jung¹, Mi-Ra Lee^{2*}

¹Dept. of Dental Hygiene, Konyang University

²Dept. of Dental Hygiene, Baekseok Culture University

요약 본 연구는 카제인포스포펩타이드-아모르포우스칼슘포스페이트(CPP-ACP)에 불소이온을 결합시킨 불화 카제인포스포펩타이드-아모르포우스칼슘포스페이트(CPP-ACFP)제제의 법랑질 재광화 정도를 알아보기 위한 실험으로 법랑질 표면에 산부식 시간을 달리한 후 CPP-ACFP제제를 같은 횟수로 도포했을 때의 재광화 정도와 CPP-ACFP제제의 도포 횟수가 법랑질의 재광화에 미치는 영향을 알아보고자 건전한 치아 64개를 대상으로 미세경도측정, 주사전자현미경 관찰 실험을 하였다. 그 결과 산부식 시간이 길어질수록, CPP-ACFP제제의 도포 횟수를 증가시킬수록 법랑질의 재광화가 더 잘 일어나는 것을 관찰할 수 있었다. 그러므로 CPP-ACP에 불소이온을 결합시켜 치아에 무기질 공급과 불소도포를 한 번에 할 수 있는 CPP-ACFP제제는 법랑질 재광화 물질로 권장할 만하다고 하겠다.

Abstract This study examined the remineralization effect of CPP -ACFP according to the etching time and the frequency of application. A CPP-ACFP paste was formed from a combination of CPP-ACP paste and fluorine. The remineralization effect of CPP-ACFP was measured according to the etching time and the frequency of applications of CPP-ACFP. The microhardness of 64 teeth was measured as the sound sample and observed by scanning electron microscopy. As a result, the effect on remineralization of the enamel increased with increasing etching time and frequency of application. Therefore, a CPP-ACP paste combination to fluorine in the tooth mineral CPP-ACFP paste fluoride application can be supplied with the material-advisable enamel remineralization.

Key Words : CPP-ACFP, Etching time, Frequency of application, Remineralization of enamel

1. 서론

구강 내에서는 치아표면의 무기질이 빠져나가는 탈회(demineralization)와 무기질이 다시 침착되는 재광화(remineralization)과정이 끊임없이 반복되면서 균형을

이루고 있다. 이러한 균형은 구강 내 세균이 분비하는 산에 의해서 깨지게 되는데 균형이 깨져 탈회 쪽으로 기울게 되면 치아우식증이 발생하게 된다[1].

초기 치아우식증의 재광화 및 예방에 가장 대표적으로 사용되는 화합물은 불소로[2] 가장 효과적인 예방 수

*Corresponding Author : Mi-Ra Lee(Baekseok Culture Univ.)

Tel: +82-10-4423-9221 email: lmr3500@hanmail.net

Received April 17, 2014

Revised August 25, 2014

Accepted September 11, 2014

단이지만, 반상치와 같은 부작용에 대한 우려로 사용 할 수 있는 양이 제한되어 있으며, 어떤 농도에서든 불소만으로는 완전한 치아우식증 예방이 어렵다[3-6]. 불소 국소 도포의 경우 소량의 불소에 대한 노출에도 감수성이 높은 경우가 있어서 많은 주의를 기울여야 하며[3,4], 영아나 장애인 등과 같이 불소를 삼킬 우려가 높은 특정 그룹에서 불소에 대한 노출을 제한해야 할 필요가 있다[3,7]. 또한 법랑질의 다공성 정도에 따라 불완전한 재광화 효과를 보이며 표층만을 재광화 시키는 경향이 있다[3,8]. 이러한 몇 가지 제한 요소로 인하여 불소를 대신할 새로운 대체 물질을 찾고자 하는 노력이 계속 되고 있는 가운데[3,4,9] 우유 단백질에서 추출한 카제인포스포펩타이드-아모르포우스칼슘포스페이트(casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate; 이하 CPP-ACP)제제가 탈회 병소의 재광화 등에 효과적인 것으로 알려졌다[2].

호주 멜버른 대학의 Eric Reynolds 교수가 개발한 CPP-ACP제제는 우유에서 채취한 β -casein을 분해시킨 펩타이드인 CPP와 칼슘과 인 복합체인 ACP를 결합시킨 나노 화합물이다[9-11]. CPP-ACP 구성성분 중에서 재광화에 큰 영향을 미치는 부분은 ACP이다. 그런데, ACP는 여러 가지 칼슘과 인의 복합체 중 구강 내에서 용해도가 가장 높은 물질로[11,12] 단독으로 존재했을 경우에는 불완전한 상태가 되기 쉽다. 이러한 점을 보완해 주기 위해 전기적으로 음전하를 띠는 phosphoserine 잔기들을 가지고 있어 양이온인 칼슘과 쉽게 결합할 수 있는 CPP와 복합체로 만든 물질이 CPP-ACP제제이다. 이는 중성상태에서는 구강 내 치태나 연조직, 치아표면에 결합된 형태로 존재하다가 구강 내 pH가 낮아질 경우 분해되면서 치아 표면에 칼슘과 인을 공급해 주며, 수용액 내에서 칼슘과 인을 안정화 시키고 저장고 역할을 한다[11].

CPP-ACP의 재광화 효과에 대한 실험적 연구가 많이 보고된 바 있는데, Reynolds 등은 3.0%의 CPP-ACP를 매일 양치액의 형태로 사용한 경우 치은 연상 치태에서 유의한 수준으로 칼슘과 인의 함량이 증가하였고, 특히 *Streptococcus mutans*의 세포막 표면에 CPP-ACP 입자들이 부착하여 세균의 활성을 억제한다고 보고하였다[13].

Shen 등[14]은 30명의 피검자들이 구강 내 법랑질 시편이 장착된 장치를 착용한 상태에서 CPP-ACP가 함유된 무설탕껌을 하루 4회씩 14일 간 씹은 결과, 무설탕껌에 포함된 CPP-ACP의 함량이 증가할수록 법랑질 시편

의 재광화가 증가하였다고 보고하였다. 또한 Iijima 등[15]은 CPP-ACP가 포함된 무설탕껌을 씹은 경우 재광화 정도가 2배 이상 높아졌으며 산에 대한 저항성이 강해진다고 하였고, Walker 등은 in situ 모형을 이용하여 우유 속에 CPP-ACP를 첨가시킬 경우 법랑질의 재광화가 증가되었다고 보고하였다[16].

CPP-ACP는 타액 내 이온을 이용하는 불소와는 달리 제제 자체에 재광화 필수 이온이 충분히 포함되어 있어서 재광화에 더욱 유리하며[2], 우유에서 추출한 단백질로서 섭취 시 용량에 상관없이 인체에 무해하기 때문에 치아우식증이나 침식증 등을 예방하기 위해 충임껌이나 구강 양치액, 치약, 음료, 연고 등에 첨가되고 있다.

불소는 한 번의 도포로 몇 개월간의 지속적인 치아우식증 예방 및 재광화 효과를 볼 수 있지만 CPP-ACP제제 물질은 지속적으로 매일 사용해 주어야 효과를 볼 수 있는 번거로움은 있다. 하지만, 불소를 이용한 재광화는 하부의 탈회 병소를 충분히 광화시키지 못하며 다공성으로 인해 불완전한 광화를 보인다. 또한 그 적용 과정에서 과량이 섭취되었을 경우에 발생할 수 있는 독성도 고려해야 한다[2]. 또한, 불소는 타액 속에 충분한 칼슘과 인이 있을 때 효과가 증대되며, 칼슘과 인도 불소로 인하여 치아 표면에 더욱 강하게 흡수된다. 그러므로 CPP-ACP제제에 불소를 첨가시킨 불화 카제인포스포펩타이드-아모르포우스칼슘포스페이트(casein phosphopeptide-amorphous calcium fluoride phosphate; 이하 CPP-ACFP)제제는 두 성분 각각의 재광화 효과 이상의 효과가 있을 것이라 생각된다.

이에 본 연구에서는 CPP-ACP제제에 불소이온을 결합시킨 CPP-ACFP제제에 대하여 법랑질 표면에 산부식 시간을 달리한 후 CPP-ACFP제제를 같은 횟수로 도포했을 때의 법랑질 재광화 정도와 CPP-ACFP제제를 법랑질 표면에 도포함에 있어서 도포 횟수가 법랑질 재광화에 미치는 영향을 알아보려 한다.

2. 연구재료 및 방법

2.1 연구재료

2.1.1 시편의 선정 및 처리

1개월 이내에 발거한 상·하악 대구치 중 법랑질 표면에 수복치료나 우식이 없는 건전한 치아 64개를 선정하

여 사용하였으며, 생리식염수(0.9% NaCl)에 담아 냉장 보관하였다.

2.1.2 CPP-ACFP제제

GC Tooth Mousse Plus를 GC코리아로부터 구입하여 사용하였다.

2.1.3 산부식제

37% 인산(Fine Etch 37 Gel Type, Spident Inc., Korea)을 사용하였다.

2.1.4 시편보관용액

타액과 구성성분이 유사한 인공타액 Taliva™ (Hanlim, Korea)를 사용하였다.

2.2 연구방법

2.2.1 실험종류

CPP-ACFP제제의 재광화 효과를 알아보기 위하여 산부식 시간에 따른 재광화 실험과 도포횟수에 따른 재광화 실험을 하였다[Table 1, 2].

[Table 1] Classification by etching time

Group	Treatment
I	natural teeth
II	20 sec etching
III	20 sec etching + 2 times application
IV	40 sec etching + 2 times application

[Table 2] Classification by the frequency of application

Group	Treatment
I	Natural teeth
II	CPP-ACFP 2 times application
III	CPP-ACFP 4 times application
IV	CPP-ACFP 8 times application

2.2.2 시편 제작

64개의 대상치아를 Disk(Diamond Wheel, Southbay Technology, Inc, USA)를 이용하여 협면에서 4등분으로 절단하여 256개의 시편을 제작하였다.

2.2.3 시편 레진 몰딩

크기 7 X 7 mm, 높이 8 mm인 원통형의 합성수지에

교정용 레진(Orthodontic Resin DENSPLY®, USA)을 채우고 256개의 시편을 범랑질 표면이 노출되도록 매몰하였다. 그 후 600, 1000, 2000, 4000 grit carbide paper와 polisher로 범랑질 표면을 연마하여 편평하게 하였다.

2.2.4 시편 분배

총 256개의 시편은 두 실험에 각각 128개씩 분배하였다. 두 실험 모두 4개의 군으로 분류하였고, 실험 종류가 미세경도측정, 주사전자현미경 관찰의 2가지 실험으로 동일하므로 실험을 위해 사용된 시편 또한 128개로 같게 분배하였다. 세부 분배로는 두 실험 모두 124개의 시편은 미세경도측정을 위해 사용하였고, 4개는 주사전자현미경을 이용한 범랑질 표면 변화를 관찰하는데 사용하였다.

2.2.5 시편 처리

1) 산부식 시간에 따른 재광화 효과 실험에서 4군에 대한 시편처리는 I 군의 시편은 아무런 처리 없이 인공타액에 담가두었고, II군은 시편을 37% 인산으로 20초 동안 산부식 처리한 후 수세하고 인공타액에 담가두었으며, III군에서는 시편을 37% 인산으로 20초 동안 산부식 처리한 후 수세하고 CPP-ACFP제제를 시편에 1 mm 두께로 도포하고 3분 동안 그대로 두었다가 30분 동안 인공타액에 담가두었다. 이후 시편을 씻어내고 한 번 더 CPP-ACFP제제를 같은 경로로 처리하고 인공타액에 담가두었다. IV군은 시편을 37% 인산으로 40초 동안 산부식 처리한 후 나머지 과정은 III군과 동일하게 처리하였다.

2) 도포 횟수에 따른 재광화 효과 실험에서 4군에 대한 시편처리는 I 군의 시편은 아무런 처리 없이 인공타액에 담가두었고, II군에서는 시편에 CPP-ACFP제제를 1 mm 두께로 도포하고 3분 후에 인공타액에 30분 간 담가둔 후 씻어내고, 한 번 더 CPP-ACFP제제를 같은 경로로 처리하여 인공타액에 담가두었다. III군은 4번, IV군은 8번 II군과 같은 방법으로 각각 처리하였다.

2.2.6 범랑질 표면 미세경도 측정

미세경도측정은 Micro vickers Hardness(HM-112 Mitutoyo®, Japan)을 이용하여 시편의 범랑질 표면이 경도계의 압인방향에 수직이 되도록 위치시키고, 500 g의 하중으로 15초 동안 가한 후 500배의 배율에서 VHN(Vickers Hardness Number)을 측정하였다. VHN은 압인 후 찍힌 사각 다이아몬드 모양 자국의 가로, 세

로, 대각선 길이의 평균치로 결정된다. 측정 오류와 편차를 최소화하기 위해 시편의 상·하 및 좌·우측 4부위를 측정하였고, 4부위 값의 평균치를 계산하여 VHN을 기록하였다.

2.2.7 법랑질 표면의 주사전자현미경적 소견

CPP-ACFP제제가 법랑질 표면의 재광화에 미치는 영향은 주사전자현미경(Mini-SEMNAO-[®], Korea)으로 시편의 표면을 골드 코팅기(MSPIS[®], Japan)를 이용하여 150 nm의 두께로 골드 코팅한 후, 코팅된 시편을 기계에 넣고 진공상태에서 30KV 가속전압 하에서 2,000배와 5,000배로 촬영하여 관찰하였다.

SEM 사진 분석은 Lee 등[17]과 Kim 등[18]의 연구를 참고하여 표면의 거칠기, 표면의 크랙, 누공의 노출과 같은 3가지 항목으로 관찰하였고 관찰정도에 따라 점수화하여 법랑질 표면 상태를 분석하였다. 사진 분석의 평가 기준은 표면의 거칠기는 눈으로 보아 두드러진 요철이 나타난 수를 세어서 판단하였고, 표면의 크랙은 법랑질 표면의 균열 정도로 판단하였으며, 누공의 노출은 법랑질 표면의 구멍 유무를 관찰하는 것으로 평가기준을 삼았으며, Table 3과 같다.

[Table 3] SEM Evaluation Criteria

Notations	Evaluation Criteria	Score
-	None observed	0
+	1 ~ 5 Observed	1
++	5 ~ 20 Observed	2
+++	20 or more observations	3

2.3 실험결과 집계 및 분석

실험 전·후 법랑질 표면의 미세경도 변화를 비교, 분석하기 위해 측정된 표면미세경도 수치를 SPSS 18.0 프로그램을 이용하여 one-way ANOVA로 통계 처리하였으며, 각 군 간의 유의성을 알아보기 위해 P<0.05 유의수준에서 Scheffe test로 사후 검정을 시행하였다.

3. 연구결과

3.1 미세경도 측정

3.1.1 산부식 시간에 따른 표면미세경도 변화

산부식 시간에 따른 재광화 효과 실험에서 평균미세

경도는 비처치군인 I 군과 20초 산부식처리한 II 군, 20초 산부식 처리 후 CPP-ACFP제제를 2회 도포한 III군 사이에서는 그 값이 각각 210.14 VHN, 188.36 VHN, 199.25 VHN으로 유의한 차이가 있었으나(p<0.05), I 군과 40초 산부식 후 CPP-ACFP제제를 2회 도포한 IV군에서는 그 값이 205.58 VHN으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 비처치군을 제외한 II, III, IV 실험군 사이에서는 평균미세경도가 증가하는 양상을 보였으며, 유의한 차이가 관찰되었다(p<0.05). 각 군 간 평균미세경도 분석 결과는 Table 4와 같다.

[Table 4] Micro-hardness value by acid etching time

Group	Treatment	N	M±SD	P
I	natural teeth	31	210.14±7.51	c
II	20 sec etching	31	188.36±7.03	a
III	20 sec etching + 2 application	31	199.25±9.13	b
IV	40 sec etching + 2 application	31	205.58±4.39	c

a, b, c : The same letter means no significantly different statistically by ANOVA (p<0.05)

3.1.2 도포 횟수에 따른 표면미세경도 변화

비도포군인 I 군에서는 213.58 VHN, CPP-ACFP제제를 2회 도포한 II 군에서는 220.75 VHN, 4회 도포한 III군에서는 225.46 VHN, 8회 도포한 IV군에서는 233.27 VHN으로 도포 횟수가 증가할수록 평균미세경도도 증가하는 양상을 보였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 군 간 평균미세경도 분석 결과는 Table 5와 같다.

[Table 5] Micro-hardness value by the frequency of application

Group	Treatment	N	M±SD	P
I	natural teeth	31	213.58±13.51	a
II	2 application	31	220.75±12.16	ab
III	4 application	31	225.46±12.31	bc
IV	8 application	31	233.27±11.88	c

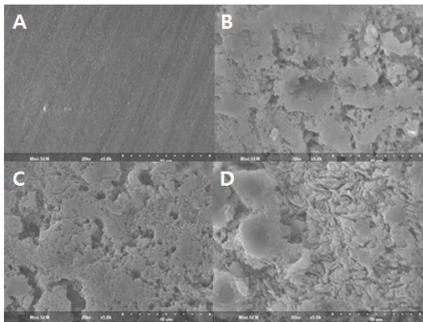
a, b, c : The same letter means no significantly different statistically by ANOVA (p<0.05)

3.2 주사전자현미경 관찰

3.2.1 산부식 시간에 따른 법랑질 표면 변화

Fig. 1은 산부식 시간에 따른 법랑질 표면의 재광화 효과를 주사전자현미경으로 관찰한 결과이다. 20초 산부식

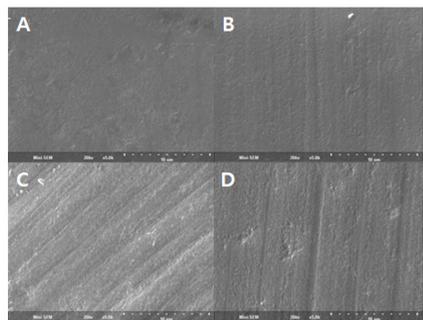
직후인 II군에서는 법랑질 표면의 무기물이 용해된 탈회 양상이 관찰되었다. 산부식 시간을 달리 한 후 재광화 처리를 한 III, IV군은 법랑소주가 채워지면서 손상되었던 법랑질이 회복된 양상을 보이므로 재침착 되었음을 확인할 수 있었다. 재침착 정도는 산부식 시간이 더 길었던 IV군이 II군과 III군에 비해 법랑질 표면의 거칠기나 표면의 크랙, 누공의 수가 감소하거나 크기가 작아지는 양상을 보임으로 가장 재광화가 잘 이루어짐을 볼 수 있었다.



[Fig. 1] SEM examination for enamel surface according to acid etching time(x5,000)
 (A: group I, B: group II, C: group III, D: group IV)

3.2.2 도포 횟수에 따른 법랑질 표면 변화

Fig. 2의 결과와 같이 도포 횟수에 따른 법랑질 표면 관찰에서는 표면에 아무런 처리 없이 도포 횟수만 늘려 실험한 것이기 때문에 횟수가 증가할수록 덧발림에 의한 거칠기만을 관찰할 수 있었다.



[Fig. 2] SEM examination for enamel surface according to the frequency of application(x5,000)
 (A: group I, B: group II, C: group III, D: group IV)

4. 고찰 및 결론

초기 법랑질 치아우식의 재광화란 이온교환으로 인해 우식 이전 상태의 법랑질 본래의 밀도를 회복하는 것을 의미 한다[2]. 초기 법랑질 치아우식의 표층은 비교적 광물질이 적어 건전하지만, 치아우식 표면의 하층에서는 표면보다 광물질 소실이 많아 파괴가 일어나는 특징적인 형태를 나타낸다. 하지만, 이 시기에 치아표면에 부착된 치태를 잘 관리하고 치질의 내산성을 증가시키는 방법을 시행하거나, 세균의 성장을 억제하는 방법 등을 통한다면 손상된 치아구조의 진행을 억제하거나 원상 복구할 수 있다[19]. 재광화 이후에는 정상 법랑질보다도 산에 저항적이며 물리적으로 강한 특성을 갖게 된다. 재광화를 촉진시키는 방법에는 환자의 식이조절, 구강위생 관리 등을 통한 구강 내 pH를 중화시켜 타액 완충능을 보강하는 방법 등이 있으나 대체로 임상적인 효과는 높지 않다. 재광화 촉진에 유리한 칼슘과 인산, 불소 등의 이온을 공급하는 전문가 불소 도포, 불소치약 사용, CPP-ACP제제 함유 제품 사용 등이 보다 효과적인 것으로 알려져 있으며[2] 최근에는 CPP-ACP제제에 불소가 첨가된 CPP-ACFP제제가 상품화되어 판매되고 있다.

Reynolds에 의해 우유 단백질 유도체인 caseinate의 치아우식증 예방효과가 보고된 이후 CPP-ACP에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. CPP-ACP는 인산 칼슘을 ACP 형태로 안정화시킨 분자로서, 각 분자들은 재광화 필수 이온인 칼슘, 인산, 불소 이온과 5:3:1의 비율로 결합하는 능력이 있어서 재광화에 유리하다[9]. CPP-ACP는 재광화 효과 및 치아우식증 예방과 더불어 스케일링으로 인한 시린 증상의 완화, 교정치료 전·후의 초기 우식 병소 예방과 치료, 치아 미백 효과 증대의 목적으로 사용이 가능하다.

CPP-ACP제제에 대한 연구가 활발해지면서 최근에는 CPP-ACP에 새로운 성분을 추가하여 효능을 향상시키려는 시도들이 진행되고 있는데, Cochrane 등[20]은 제조 시 CPP-ACP 자체에 불소이온을 결합시켜서 새로운 형태의 물질인 CPP-ACFP를 제조한 결과 기존의 CPP-ACP에 비해서 재광화 효과가 더욱 향상된 것으로 보고 하였다. 또, 김[21]은 어느 정도 재광화 효과를 가지는 CPP-ACP 물질에 재광화 물질로 월등한 효과를 가지고 있는 불소를 첨가한다면 더 큰 효과를 기대할 수 있다고 주장하였다.

본 실험에서는 이러한 연구 결과들을 바탕으로, 두 가지 실험을 통해 CPP-ACFP제제의 재광화 효과 실험을 하였다. 재광화 정도는 미세경도측정과 주사전자현미경을 통하여 관찰하였고, CPP-ACFP제제로는 연고 형태로 상품화 되어 판매되고 있는 제품을 사용하였다.

첫 번째 실험인 법랑질 표면의 산부식 시간에 따른 재광화 정도를 알아보고자 한 이유는 적절한 환경이 조성될 경우 수복 시술 없이 재광화가 가능한 초기 법랑질 치아우식인 것을 전제로 했을 때, 탈회된 법랑질 표면 직하방 병소 부위에 칼슘과 인 이온이 보다 잘 침투할 수 있도록 통로를 확보해 주기 위해 표면 부위를 열어주는 산부식 과정을 시행할 경우 부식 시간이 길수록, 즉 칼슘과 인 이온이 보다 잘 침투할 수 있도록 확보해 준 통로가 더 크고 깊을수록 CPP-ACFP제제가 더 깊숙이 침투해 재광화가 더 많이 일어날 것이라는 생각에서이다. 하지만, 본 실험에서는 20초와 40초의 산부식만을 시행했기 때문에 산부식 시간을 어디까지 허용했을 때 재광화 효과가 더 증가하고, 어느 시간 이상은 오히려 재광화 효과가 감소하는지에 대한 기준은 명확하게 제시하지 못했다.

실험은 비처치군인 I 군, 20초 산부식만 시행한 II군, 20초 산부식 후 CPP-ACFP제제를 2회 도포한 III군, 40초 산부식 후 CPP-ACFP제제를 2회 도포한 IV군의 총 4개의 군으로 나누어 실험하였으며, 미세경도측정 결과는 다음과 같았다. I 군에서는 210.14±7.51 VHN, II군은 188.36±7.03 VHN, III군은 199.25±9.13 VHN으로 유의한 차이가 관찰되었으나(p<0.05), IV군에서는 205.58±4.39 VHN로 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만, II, III, IV군 사이에서는 평균미세경도가 증가하는 양상을 보였으며 유의한 차이가 관찰되었다(p<0.05). 주사전자현미경을 이용해 관찰한 결과는 II, III, IV군순으로 법랑질 표면의 거칠기와 표면의 크랙, 누공의 수가 감소하거나 크기가 작아지는 양상을 보였으므로, 산부식 시간을 증가시킨 IV군에서 재광화 효과가 더 크게 나타남을 확인할 수 있었다.

두 번째 실험인 법랑질 표면에 CPP-ACFP제제의 도포 횟수를 달리 했을 때의 재광화 정도를 알아보는 실험을 시행한 이유는 상품화 된 CPP-ACFP제제의 사용법 중 하루에 아침, 저녁 2번의 사용을 권장하기에 횟수를 하루 2번이 아닌 더 여러 번의 횟수로 도포 했을 때의 재광화 정도를 비교해 보고자 횟수를 4회, 8회로 증가시켜 실험하였다. 총 4개의 군으로 비도포한 I 군, CPP-

ACFP제제를 2회 도포한 II군, 4회 도포한 III군, 8회 도포한 IV군으로 나누어 실험하였으며 결과는 다음과 같았다. 미세경도측정 결과 I 군에서는 213.58 VHN, II군에서는 220.75 VHN, III군에서는 225.46 VHN, IV군에서는 233.27 VHN으로 도포 횟수가 증가할수록 평균미세경도도 증가하는 양상을 보였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였으므로(p<0.05), 하루 중 도포 횟수는 2회로 제한하는 것이 아니라 환자의 사정이나 협조도에 따라 도포 횟수를 증가시키는 것이 추천되었다.

주사전자현미경관찰은 자연치아에 도포 횟수만 늘려 실험한 것이기 때문에 횟수가 증가할수록 덧발림에 의한 거칠기만이 관찰되었다.

본 연구는 인간을 상대로 한 임상실험이 아닌 실험연구이므로 실제 인간의 구강 내 적용하는 것과는 차이가 있을 수 있다. 구강 내에서는 타액이 지속적으로 계속 분비되고 있지만 본 연구에서는 인공타액을 이용하였고, CPP-ACFP가 구강 내에서 적용될 때는 치태나 타액에 어느 정도의 기간 동안 잔존하면서 서서히 제거되지만 본 실험에서는 일정기간 적용시키고 세척할 수밖에 없어서 잔존 효과까지는 알 수가 없었다.

향후에는 CPP-ACFP제제와 불소 및 CPP-ACP제제와 같은 다른 재광화 물질과의 비교, 실험 연구가 이루어져야 할 것이다. 또, 산부식 시간을 좀 더 여러 군으로 나누어 증가시킨 실험을 하여 재광화 효과를 위한 산부식 시간의 허용 범위나 기준이 명백하게 제시되어야 할 것이고, 도포 횟수도 횟수만 늘리는 것이 아니라 어느 정도 기간을 가지고 기간별 도포 횟수의 재광화 효과의 한계점을 알아보는 실험 또한 필요할 것으로 사료되었다.

References

- [1] J. D. Featherstone. "The continuum of dental caries evidence for a dynamic disease process", J Dent Res, 83, Spec No C:C39-42, 2004.
- [2] J. S. Kang, S. H. Lee, N. Y. Lee. "Remineralization effects by APF gel and CPP-ACP paste on incipient artificial caries enamel", J Korean Acad Pediatr Dent, 35(4), pp 684-691, 2008.
- [3] G. B. Kim, N. G. Choi, S. M. Kim, K. H. Yang. "Comparative study of the remineralization effects using CPP-ACP and fluoride on the artificial enamel lesion", J Korean Acad Pediatr Dent, 36(1), pp 38-45, 2009.

- [4] A. J. Roberts. "Role of models in assessing new agents for caries prevention - non-fluoride systems", *Adv Dent Res*, 9, pp 304-311, 1995.
- [5] R. K. Rose. "Binding characteristics of *Streptococcus mutans* for calcium and casein phosphopeptide", *Caries Res*, 34, pp 427-431, 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1159/000016618>
- [6] R. K. Rose. "Effects of an anticariogenic casein phosphopeptide on calcium diffusion in streptococcal model dental plaques", *Arch Oral Biol*, 45, pp 569-575, 2000.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9969\(00\)00017-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9969(00)00017-0)
- [7] Pediatric dentistry, The Korean Academy of Pediatric Dentistry, 4th ed, Seoul: Shinhung Internationale, pp 160-174, 2007.
- [8] J. M. Graham, W. R. Hume. "Preservation and restoration tooth structure", Knowledge books and software queensland, pp 21-118, 2004.
- [9] E. C. Reynolds. "Remineralization of enamel subsurface lesions by casein phosphopeptide-stabilized calcium phosphate solutions", *J Dent Res*, 76, pp 1587-1595, 1997.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/00220345970760091101>
- [10] E. C. Reynolds. "Anticariogenic complexes of amorphous calcium phosphate stabilized by casein phosphopeptides a review", *Spec Care Dentist*, 18, pp 8-16, 1998.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1754-4505.1998.tb01353.x>
- [11] B. I. Kim. "CPP-ACP introduction and clinical leverage", *J Kor Dent Assoc*, 46(3), pp 139-145, 2008.
- [12] R. Z. LeGeros. "Calcium phosphate in oral biology and medicine", 1st ed. New York:Karger, pp 68-71, 1991.
- [13] E. C. Reynolds, F. Cai, P. Shen and G. D. Walker. "Retention in plaque and remineralization of enamel lesion by various forms of calcium in mouthrinse or sugar-free chewing gum", *J Dent Res*, 82, pp 206-211, 2003.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/154405910308200311>
- [14] P. Shen, F. Cai, A. Nowicki, J. Vincent and E. C. Reynolds. "Remineralization of enamel subsurface lesions by sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate", *J Dent Res*, 80, pp 2066-2070, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/00220345010800120801>
- [15] Y. Iijima, F. Cai, P. Shen, C. Reynolds, E.C. Reynolds. "Acid resistance of enamel subsurface lesions remineralized by a sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate", *Caries Res*, 38(6), pp 551-556, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1159/000080585>
- [16] G. Walker, F. Cai, P. Shen, C. Reynolds, B. Ward, C. Fone. "Increased remineralization of tooth enamel by milk containing added casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate", *J Dent Res*, 73(1), pp 74-78, 2006.
- [17] M. R. Lee, C. J. Lee, J. H. Park. "The Roughness & micro-hardness on the deciduous teeth according to formula milk or human milk", *Int J Clin Prev Dent*, 7(4), pp 179-188, 2011.
- [18] Y. H. Kim, J. Y. Lee, M. K. Jeong. "The Erosion of the tooth enamel and the cementum by carbonate beverage", *Int J Clin Prev Dent*, 7(1), pp 1-13, 2011.
- [19] S. Katz, K. K. Park and G. K. Stookey. "Development and initial testing of a model for in vitro formation of pit and fissure caries", *Caries Res*, 34, pp 424-428, 1986.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1159/000260968>
- [20] N. J. Cochrane, S. Saranathan, F. Cai, K. J. Cross and E. C. Reynolds. "Enamel sub-surface lesion remineralization with casein phosphopeptide stabilised solutions of calcium, phosphate and fluoride", *Caries Res*, 42, pp 88-97, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1159/000113161>
- [21] Y. S. Kim. "CPP-ACP of artificially demineralized enamel surface and remineralization of material containing nano-sized carbonated apatite", *J Dent Hyg Soci*, 8(1), pp 13-22, 2008.
- [22] I. Zaluzniak, J. E. A. Palamara, R. H. K. Wong, N. J. Cochrane, M. F. Burrow, E. C. Reynolds. "Ion release and physical properties of CPP - ACP modified GIC in acid solutions", *J Dent Res*, 41(5), pp 449-454, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2013.02.003>
- [23] C. P. Wang, S. B. Huang, Y. Liu, J. Y. Li, H. Y. Yu. "The CPP-ACP relieved enamel erosion from a carbonated soft beverage: An in vitro AFM and XRD study", *Arch Oral Biol*, 59(3), pp 277-282, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.archoralbio.2013.11.018>
- [24] H. Hamba, T. Nikaido, G. Inoue, A. Sadr, J. Tagami. "Effects of CPP-ACP with sodium fluoride on inhibition of bovine enamel demineralization: A quantitative assessment using micro-computed tomography", *J Dent Res*, 39(6), pp 405-413, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2011.03.005>
- [25] M. J. Kim, S. H. Lee, N. Y. Lee, S. H. Park. "In vitro evaluation of experimental fluoride tape in inhibition of enamel demineralization", *J Korean Acad Pediatr Dent*, 39(2), pp 129-138, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5933/JKAPD.2012.39.2.129>

정 수 진(Su-Jin Jung)

[정회원]

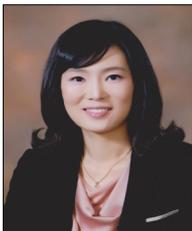


- 2009년 2월 : 단국대학교 구강보건학과 (보건학석사)
- 2012년 8월 : 단국대학교 대학원 보건학과 (구강보건학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 건양대학교 치위생학과 강의전문조교수

<관심분야>
구강보건학, 예방치학

이 미 라(Mi-Ra Lee)

[정회원]



- 2005년 8월 : 단국대학교 구강보건학과 (보건학석사)
- 2012년 2월 : 단국대학교 구강보건학과 (구강보건학박사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 백석문화대학교 치위생과 조교수

<관심분야>
치과재료학, 구강보건학, 예방치학