

죽염이 초기인공우식법랑질의 재광화에 미치는 영향

오한나 · 홍석진 · 이혜진 · 최충호

전남대학교 치의학전문대학원 예방치과학교실, 2단계 BK21 사업단, 치의학연구소

The effects of bamboo salt solution on remineralization of artificial caries-like lesions

Han-Na Oh · Suk-Jin Hong · Hye-Jin Lee · Choong-Ho Choi

*Dept. of Preventive and Public Health Dentistry & Brain Korea 21 Project & Dental Science Research
Institute Chonnam National University School of Dentistry, Gwanju city 501-757, Korea*

ABSTRACT

Objectives : The aim of this investigation was to evaluate the remineralization effect of Bamboo salt and NaF+Bamboo salt solutions on bovine enamel formed incipient artificial enamel caries by microcomputed tomography (micro CT).

Methods : Experimental solutions were distilled water(negative control), 2% sodium fluoride solution (2% NaF group), 3% bamboo salt solution (3% BS group) and the solution mixed 2% sodium fluoride solution and 3% bamboo salt solution (2% NaF+3% BS group). Specimens were prepared from extracted bovine teeth and divided into 4 groups of 10 specimens each by randomized blocks according to density. Then the specimens surface were divided equally into three parts to observe sound enamel area, incipient enamel carious area and remineralized enamel area. Only one-third of specimen surface was coated with nail varnish and these were exposed to a lactate carboxopol buffer system for 72 hours. Then one-half of the demineralized enamel area was coated with nail varnish. The specimens were carried out under pH cycling model for 14 days as follows; samples were immersed in each experimental solution for 2 mins 3 times per day, demineralized for 4 hours and in mixed saliva for the remaining hours. After pH cycling, density was measured using micro CT.

Results : All experimental groups showed remineralization effects except for negative control group($p<0.05$). The differences of density after experimental solution treatment were statistically significant difference among 4 groups ($p<0.01$). The density difference values of groups were 0.04 ± 0.01 in negative control group, 0.19 ± 0.01 in 2% NaF group, 0.14 ± 0.01 in 3% BS group, and 0.21 ± 0.01 in 2% NaF+3% BS group.

Conclusions : The bamboo salt solution showed remineralization effects on incipient artificial enamel caries and the solution mixed sodium fluoride solution and bamboo salt solution showed more remineralization effects than the bamboo salt solution. Thus, it is suggested that bamboo salt can be used as remineralization agent in incipient enamel caries lesion.(J Korean Soc Dent Hygiene 2012;12(2):335-343)

Keywords : Bamboo salt, Microcomputed tomography, Remineralization

색인 : 미세전산화단층촬영술, 죽염, 재광화

▶ 본 연구는 2010년도 전남대학교병원 임상의학연구소 지원(CRI10076-1)에 의하여 연구되었음

1. 서론

국민들의 생활수준 향상으로 건강에 대한 관심이 증가하면서 더불어 구강건강에 대한 관심도 증가하고 있다. 20~30년 전부터 불소치약의 광범위한 사용 등에 의해 치아우식증 발병률이 감소하고 있는 추세이긴¹⁾ 하지만 2010년 구강보건 실태조사 결과에 의하면 한국의 12세 아동의 영구치 우식 경험률은 2.08개로 다른 선진국들에 비해 여전히 높은 수준이다²⁾. 치아우식증은 치주질환과 함께 구강에서 발생하는 양대 구강병 중 하나로 치아 발거의 제 1원인 질환으로 알려져 있다. 치아우식증의 진행은 주로 타액과 치태 내 세균이 탄수화물을 분해하면서 발생된 유기산에 의한 법랑질의 탈회로 시작되며 백반(white spot)이라 불리는 초기단계를 넘어서면 회복이 불가능한 비가역적인 질환으로 이어진다³⁾. 따라서 이 단계에서 불화물⁴⁾, 수산화인회석 함유제제⁵⁾, 죽염⁶⁾, Casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate(CPP-ACP)⁷⁾ 등의 재광화 제제들을 사용하여 법랑질의 재광화를 유도하는 것이 우식증 진행으로 인한 치아 상실 및 수복을 예방할 수 있는 유용한 방법이라 할 수 있다.

이 중 죽염은 간수를 뺀 천일염을 대나무 마디 속에 다져 넣고 윗부분을 물 반죽한 황토로 막은 후 800℃ 가량의 소나무 장작불로 구워 낸 후 재로 변한 대나무와 황토덩이를 걷어내고 소금 기둥이 되어버린 구운 소금을 취하여 분쇄하고 다시 대나무에 채우는 동일한 과정을 8회 반복한 후 9회째는 8회 구운 소금을 가열 용융시키되 액화한 송진을 연료로 공기를 송풍하면서 1400℃로 온도를 높임으로써 소금기가 용융되어 액체로 흘러내린 것을 뿔아서 제조한 가공염으로, 성상으로 볼 때 어두운 회색의 고운가루이며 이와 같은 제조과정으로 인해 유황냄새가 나는 것이 특색이다^{8,9)}. 식용 또는 전통 민간약재로서 약용으로 사용되어 왔으며 암을 비롯한 인체의 거의 모든 질병에 예방·치료 효과가 있을 뿐 아니라 주로 소화제와 해독제, 궤양, 외상 출혈 및 염증치료에 사용되어져 왔으

며 구강영역에서도 치통, 풍치 등의 치료에 사용하여 동통 및 염증의 감소에 효과를 보았다고 알려져 왔다¹⁰⁾.

손 등¹¹⁾은 죽염의 구강 내 수중 균주에 대한 억제 및 살균 효과를 보고하였고 김 등¹⁰⁾의 연구에서는 죽염을 함유한 치약이 식염을 함유한 치약에 비해 낮은 농도에서 더 많은 치은의 염증감소효과를 나타낸다고 보고하였으며, 이 등¹²⁾의 연구에서는 죽염이 배합된 세치제가 4주 사용시 치은염과 치아 지각과민증에 효과가 있다고 하였다. 또한 하 등¹³⁾은 초기우식병소의 재광화 효과와 내산성을 관찰하기 위하여 죽염을 세치제에 배합하여 사용하였는데 불화나트륨과 죽염을 함께 배합한 치약이 다른 군들에 비해서 재광화 효과가 우수하며, 재광화 처리 후 산에 다시 처리하였을 때 불소가 함유되지 않은 치약보다 무기질 소실량이 유의하게 적게 나타나 죽염이 함께 배합된 경우 재광화 효과뿐만 아니라 내산성 증진 효과가 있음을 보고하였고 Kim 등¹⁴⁾은 죽염이 배합된 치약 군이 다른 군에 비하여 불소 침착 효과가 높게 나타났다고 보고하였다. 현재까지 대부분의 연구는 표면의 미세경도차를 비교하여 재광화 효과를 평가하였으나 표면 하방에서의 재광화에 대한 연구는 많이 이루어지지 못한 상태이다. 최근에 오 등⁶⁾은 표면 하방의 밀도차이를 미세전산화 단층촬영술을 이용하여 죽염의 표면하방에서의 재광화 효과에 대한 연구결과를 보고한 바 있으나 연구에 타액을 함께 처리하지 못해 타액의 재광화 효과가 어떻게 작용할지 파악할 필요가 있었다.

따라서 본 연구에서는 불소, 죽염 및 죽염과 불소를 함께 혼합한 용액을 화학적 pH 순환처리방법을 이용하여 인공타액과 함께 처리한 후 초기우식법랑질 표면하방의 재광화 양상을 미세전산화단층촬영술을 이용하여 평가함으로써 죽염의 초기우식병소하방 재광화 효과를 불소와 비교하여 살펴보고 또한 죽염과 불소를 동시에 사용한 경우 재광화 효과도 함께 알아보하고자 하였다.

2. 연구재료 및 방법

2.1. 실험 용액

실험 용액은 대조군으로 증류수를 사용하였고, 2% 불화나트륨(Sodium fluoride, Sigma, USA, 이하 NaF)

용액, 3% 죽염(Bamboo salt, Kaeam, Korea, 이하 BS) 용액, 2% 불화나트륨 용액과 3% 죽염용액을 혼합한 용액을 사용하였다(Table 1).

Table 1. Composition of experimental solution

Experimental solution	N	Concentration (%)	
		NaF	BS
Distilled water	10	–	–
2% NaF solution	10	2.0	–
3% BS solution	10	–	3.0
2% NaF + 3% BS solution	10	2.0	3.0

NaF: Sodium fluoride, BS: Bamboo salt

2.2. 시편제작 및 준비

건전한 법랑질 표면을 가진 소의 영구 절치로부터 직경 5mm의 원통형 시편을 취득한 후 자가 중합형 acrylic resin을 이용하여 아크릴 봉에 포매한 후 냉각수 공급하에 #60, #240, #600번, #4000연마지로 단계별로 연마하였다. Desktop X-ray micro CT scanner(SkyScan-1172, Skyscan b.v.b.a, Belgium)을 이용하여 밀도를 측정하였다. 전압은 85 kV, 전류는 118 μ A로 하였으며 0.5mm 알루미늄 filter를 사용하였고, image pixel size는 9.92 μ m의 조건으로 촬영하였다. 시편은 microfocus X-ray tube와 X-ray detector 사이에 위치시킨 후 holder에 유틸리티 왁스를 사용하여 회전 시 움직이지 않도록 고정하였다. 시편 촬영 후 밀도 측정의 기준이 되는 시편과 비슷한 크기의 플라스틱 관에 물을 채우고 0.25g/cm³와 0.75g/cm³의 두 개의phantom을 넣고 동

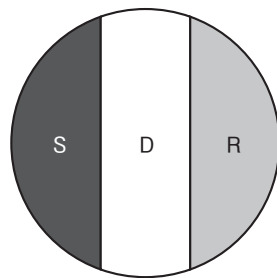
일한 조건에서 촬영하였다. 얻어진 단층 이미지들은 NRecon reconstruction software (NRecon, version 1.6.1.2, SkyScan)를 이용하여 재구성하였고, CTAn imaging software(CTAn, version 1.9.2.5, SkyScan)를 이용해서 물의 평균값을 구한 후 0.25g/cm³와 0.75g/cm³의 phantom의 밀도값을 구하여 밀도값의 범위를 보정시킨 후 각각 시편의 밀도값을 구하였다. 시편은 평균 밀도값이 0.99–1.10g/cm³ 범위의 시편을 선별하였다. 선별된 시편의 표면을 caliper를 이용하여 3등분한 후 건전한 법랑질 표면을 보호하기 위하여 표면 1/3부분에 nail varnish를 도포하였다(Fig. 1).

2.3. 초기 인공우식병소의 형성

초기 인공우식병소를 형성하기 위하여 수산화인산칼슘(calcium phosphate tribasic, Sigma, USA)이 50% 포화된 0.1 M의 젖산과 0.2% Cabopol(#980, BF Goodrich, USA)을 첨가한 후 50% NaOH를 첨가하여 용액의 최종 pH를 5.0용액으로 조절하였다. 그 후 제조된 탈회용액을 직경 5 mm의 원통형의 정상법랑질 시편 2/3부분(직경 약 3.3mm)에 72시간 처리(초기우식병소 깊이: 약 70 μ m)하였다.

2.4. 밀도 측정 및 군 분류

초기 인공우식병소가 형성된 법랑질 표면의 2/3부분에 탈회용액 처리 전과 동일한 방법을 적용하여 밀도를 측정하였고 평균 밀도값이 0.68–0.72g/cm³ 범위를 갖는 시편 40개를 선별한 후 각 군당 10개씩 4개 군으로 분류하였다.



S : Sound enamel surface
D : Demineralized enamel surface
R : Remineralized enamel surface

Fig. 1. Specimen surface by sort of treatments.

2.5. 용액 처리

초기 인공우식 병소의 표면 1/2부분에 nail varnish를 도포한 후 각각의 시편을 화학적 pH순환모델의 방법과 같이 14일 동안 일일 4시간의 탈회용액 처리와 함께 일일 3회 군별로 각각의 실험용액에 2분씩 처리하였고 이외의 시간동안은 재광화 용액에 담귀 두었다(Table 2). 재광화 용액은 전신질환이 없는 성인들에게 비가향 파라핀 왁스(Orion dioboston, Finland)를 씹도록 하여 자극성 타액을 수집한 후 원심분리하여 준비하였고 인공타액은 증류수에 gastric mucin(0.22%), NaCl(0.038%), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0.0213%), KH_2PO_4 (0.0738%), KCl(0.1114%)을 첨가한 뒤 12시간 이상 교반하여 준비하였다. 준비된 자극성 타액과 인공타액을 1:1로 혼합하여 사용하였다.

2.6. 시편 처리 후 평가

실험용액이 처리된 법랑질 시편의 1/3 부분에 탈회용액 처리 전과 동일한 방법을 적용하여 밀도를 측정하였고 CTAn imaging software를 이용해서 밀도 값을 구

하였다.

2.7. 자료 분석

각 군 간의 초기 인공우식병소에 대한 재광화 효과를 알아보기 위해 표면경도 값과 밀도 값은 실험 용액 처리 전·후의 값과 각각의 차를 구하여 Kruskal-Wallis test를 시행하였고, 사후 검정방법으로 Mann-Whitney test를 사용하였으며, 각 군별 전·후 차이검정은 Wilcoxon signed rank test를 사용하였다. 통계분석은 SPSS(Statistical Packages for Social Science 18.0) 통계프로그램을 이용하여 수행하였다.

3. 연구성적

3.1. 실험 용액 처리 후 밀도 변화

각 군의 밀도 값은 처리 전·후에 통계적으로 유의한 차이가 있었으며($p < 0.05$), 실험 용액 처리 전 밀도 값에

Table 2. The treatment schedule used for chemical model

Time	Treatment
8:00 - 8:02	Treatment solution (experimenta solution)
8:02 - 12:00	Remineralizing solution (mixed saliva*)
12:00 - 12:02	Treatment solution (experimenta solution)
12:02 - 14:00	Remineralizing solution (mixed saliva*)
14:00 - 18:00	Demineralizing solution (0.1 M lactic acid, 0.2% Carbopol solution)
18:00 - 18:02	Treatment solution (experimenta solution)
18:02 - 8:00	Remineralizing solution (mixed saliva*)

* Mixed saliva was consisted of a 50% human saliva and 50% artificial saliva

Table 3. The density changes after treatment among groups

Unit : g/cm³

Experimental group	N	Sound	Demineralization	Remineralization	Re-De**
Distilled water	10	1.00±0.01	0.70±0.01	0.74±0.00	0.04±0.01 ^a
2% NaF*	10	0.99±0.01	0.70±0.01	0.90±0.02	0.19±0.01 ^c
3% BS*	10	1.02±0.01	0.71±0.01	0.85±0.00	0.14±0.01 ^b
2% NaF+3% BS*	10	1.00±0.00	0.71±0.00	0.91±0.01	0.21±0.01 ^c

All values are Mean±SD

* : $p < 0.05$ by Wilcoxon signed rank test between demineralization and remineralization

** : $p < 0.01$ by Kruskal-Wallis test, Re-De: Remineralization minus demineralization

a, b, c : The same letter indicates no significant difference by Mann-Whitney test at $\alpha=0.05$

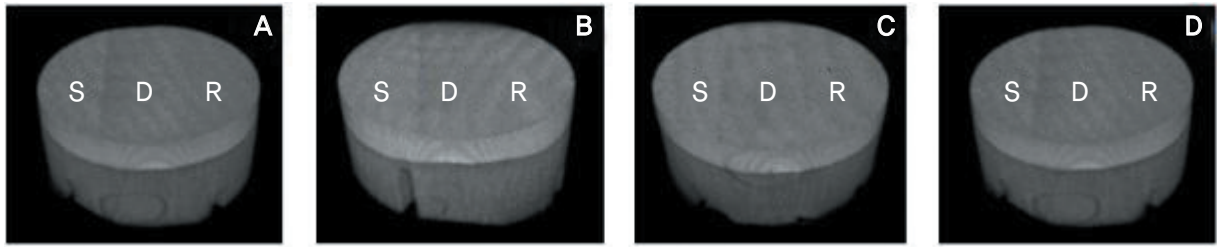


Fig. 2. 3D reconstructed images of specimens. (A) Distilled water, (B) 2% NaF group, (C) 3% Bamboo salt group, (D) 2% NaF + 3% Bamboo salt group.

비하여 처리 후의 밀도 값이 전체적으로 증가하는 양상을 보였다. 실험 용액 처리 후 밀도 변화량은 각 군 간에 유의한 차이가 있었으며($p < 0.01$), 2% 불화나트륨 용액과 3% 죽염 용액을 혼합한 용액(0.21 ± 0.01), 2% 불화나트륨 용액(0.19 ± 0.01), 3% 죽염 용액(0.14 ± 0.01), 증류수(0.04 ± 0.01) 순으로 나타났다(Table 3). 3차원 영상으로 재현 시에는 세 군 모두 건전한 법랑질과 탈회된 법랑질 사이에는 시각적으로 구별이 용이하였으나 탈회된 법랑질과 재광화된 법랑질에서는 시각적으로 구별이 용이하지 않았다(Fig. 2).

4. 총괄 및 고안

법랑질 내 초기우식병소를 전자 현미경으로 관찰하면 표면층(surface zone), 병소체층(lesion of body), 불투명층(dark zone), 반투명층(translucent zone)으로 구분된다. 표면층은 법랑질 표면에 가장 가까운 층으로 정상수준인 1%의 공극을 갖는 층이고, 표면층 아래에 위치한 병소체층은 5~10%의 미세공극을 갖는 층으로 초기 우식이 형성되면 탈회가 가장 많이 일어나는 층이다. 불투명층은 2~4%의 미세공극크기를 갖는 층으로 병소체층 아래쪽에 위치하며, 재광화 용액에 담겼을 때 재광화 현상이 나타나고 이 부위가 클수록 재광화가 활발하게 일어난다. 반투명층은 우식병소의 가장 깊은 부위로 약 50%의 우식병소에서 발견되고 0.1~1%의 미세공극을 가진 미세한 탈회가 발생하는 부위이다. 이중 표면층과 불투명층은 타액내의 칼슘이온이나 인이온, 불소처리 등의 재광화를 일으키는 제재의 처리 시 재광화가 일어나는 부위로 법랑질 결정구조가 재광화 후 건전

한 법랑질 결정보다 더 커져 탈회되기 이전보다도 더욱 단단한 법랑질을 형성한다¹⁵⁾.

이러한 건전한 표면층을 가진 초기우식병소를 재광화시키기 위한 방법으로 대표적으로 불소가 이용되고 있다. 불소는 많은 역학 및 실험적 연구를 통하여 치아우식증의 예방을 위한 가장 효과적인 제재로 알려져 있다. 치아우식을 예방하기 위한 불화물의 법랑질에 대한 작용은 수산화 인회석과 반응하여 불화칼슘 및 불화인회석을 형성하여 법랑질의 탈회를 억제하고 치질에 침착되어 치아표면의 경도를 증가시키고 내산성을 높이며 와동 형성이 되지 않은 초기 우식병소에 작용하여 타액 내에 존재하는 무기인산염과 칼슘의 침착을 도와 재석회화를 촉진한다¹⁶⁾.

이러한 이유로 불소는 치아우식 예방제재로 치과 병의원 등에서 도포형태로 시술이 행해지고 있으며 일상생활에서는 치약, 구강양치액 등의 구강환경을 관리하는 보조용품 등에 배합되어 사용되어지고 있다.

여러 가지 불소화합물 중 불화 나트륨은 226ppm의 농도로 불소양치용액에 사용되며 약 1000ppm의 농도로 치약에 배합되어 사용된다. 또한 전문가 불소 도포시에는 약 9000ppm 농도의 용액형태로 불소 이온도포와 불소국소 도포 시에 사용되며 불소바니쉬의 주 재료로 12000ppm 또는 22600ppm의 농도로 사용된다. 본 연구에서는 현재 죽염을 함유한 치약에서 사용하는 농도인 3% 죽염과 재광화 효과를 비교할 수 있도록 2% 불화나트륨을 사용하였다.

송 등¹⁷⁾은 저농도의 불화 나트륨이 함유되어 있는 불소양치용액을 28일 동안 인공우식병소에 적용한 결과 7일 이후부터 병소에 유의하게 재광화 효과가 나타남을 보고하였고, 김 등¹⁸⁾은 시판중인 수종의 치약을 조사하

여 불소종류에 따라 분류 한 후 초기우식병소에 처리한 결과 불화나트륨이 함유된 치약이 일불소인산나트륨이 함유된 치약보다 인공우식병소를 재광화시키는 효과가 더 우수함을 보고하였다.

권 등¹⁹⁾은 초기우식병소에 불소 바니쉬를 도포한 후 공초점 레이저 주사전자 현미경을 이용하여 분석한 결과 불소 바니쉬 도포 군에서 대조군에 비해 형광 강도가 통계적으로 유의성 있게 감소하여 불소 바니쉬가 고농도로 오랜 시간 치아에 부착하여 병소를 재광화시킨다고 보고하였다.

죽염은 천일염을 특수한 방법으로 가공한 소금으로 예로부터 한국에서 과학적인 입증 없이 민간요법에서 널리 사용되어져 왔다. 최근 들어 치과계에서도 죽염을 이용한 항균 효과 및 재광화 효과를 연구한 연구들이 진행되고 있는데 김 등²⁰⁾은 염화세틸피리디늄과 죽염을 혼합한 양치액을 이용한 임상적 연구에서 구강다형연쇄상구균수 감소효과를 관찰한 결과 대조군과 비교하여 구강다형연쇄상구균수가 유의하게 적게 관찰됨을 보고하였다. 황 등²¹⁾은 죽염, 우르소데스옥시콜린산, 글리시리진산디칼륨, 쿠르쿠마잔토리자유를 배합한 세치제는 잇솔질을 실시한 임상실험에서 대조 세치제에 비해 5주 경과 시점에서 치은염을 유의하게 감소시켰다고 하였고, 박 등²²⁾의 임상실험에서도 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 불소와 죽염을 배합한 세치제가 대조 세치제와 비교하여 치은염완화 및 재광화 효과가 좀 더 우수하다고 보고하였다. 실험용액은 오 등⁶⁾과 하 등¹³⁾의 선행연구와 시판되고 있는 죽염 치약에 배합 농도인 3%를 기준으로 제조하였다.

현재 치아 경조직의 재광화를 평가하는 방법에는 여러 가지가 있다. 이 중 보편적으로 사용되고 있는 방법은 미세방사선촬영술²³⁾, 공초점 레이저 주사전자 현미경²⁴⁾, 편광 현미경²⁵⁾, 누프 경도계²⁶⁾ 등이 있는데 이러한 방법들은 재광화를 평가하기 위해서 시편을 파괴하거나 염색하여야 관찰이 가능하다. 따라서 한 개의 시편에서 실험제재의 처리 전과 후를 동시에 관찰하는 것이 어렵다. 반면에 본 연구에서 사용한 미세 전산화 단층촬영은 비 파괴적이고 화학적인 고정을 하지 않은 상태로 분석이 가능하기 때문에 같은 시편으로 사전·사후 연구를 시행할 수 있고 3차원적으로 시각화할 수 있다^{27,28)}.

오 등²⁹⁾은 초기우식병소에 불소 바니쉬를 도포 한 후 미세전산화단층 촬영술로 분석한 결과 초기우식병소 부위의 법랑질 밀도 값이 증가함을 보고하였고, 문 등³⁰⁾은 초기우식병소에 APF와 불소바니쉬의 재광화 효과를 미세전산화단층 촬영술을 통해 분석하였으며, 이 등³¹⁾은 글라스 아이노머 시멘트를 인접면 우식증에 적용하여 시편의 파괴 없이 3개월 간격으로 총 9개월 동안 미세전산화단층 촬영술을 통해 재광화 정도를 평가하였다. 따라서 미세전산화단층 촬영이 최근 들어 초기우식법랑질의 재광화 정도를 평가하는데 유용한 도구로 사용되고 있다.

초기우식병소를 실험용액으로 재광화시킨 후의 밀도 값의 차이는 증류수 군에서는 0.04 ± 0.01 , 3% 죽염 군에서는 0.14 ± 0.01 , 2% 불화나트륨 군에서 0.19 ± 0.01 , 2% 불화나트륨 용액과 3% 죽염용액을 혼합한 군에서는 0.21 ± 0.01 순으로 나타났다. 증류수 군의 밀도 값의 전·후 차이는 통계적으로 유의한 차이가 나지 않아 타액이 재광화에 미치는 영향이 크지 않음을 알 수 있었고, 3% 죽염용액 군은 재광화 효과는 있었으나 다른 두 재광화 용액에 비해 효과가 더 적게 나타났으며, 2% 불화나트륨 군과 2%불화나트륨과 3% 죽염을 혼합한 용액 두군 사이에 통계적으로 차이는 나지 않았지만 두 용액을 혼합한 군에서 값이 좀 더 높게 나타난 것을 볼 수 있었다.

타액의 영향을 배제한 채 단순 침지 형태로 처리한 오 등⁶⁾의 선행 연구의 결과에서 실험 용액 처리 전과 후의 밀도 값의 차이는 본 연구 결과와 유사하였다. 이전 연구와 비교해서 밀도 변화값이 더 적게 나타났는데 그 이유는 기존의 연구에서는 시편을 실험용액에 24시간 침지시킨 후 바로 분석하였지만 본 연구에서는 구강내 상태를 재현하기 위하여 14일 동안 일일 4회 탈회용액에 침지하였고, 3회 각 2분간씩 용액 처리를 하였으며, 이외의 시간동안은 재광화 용액에 담귀 놓았다. 따라서 용액에 침지된 시간이 짧았을 뿐만 아니라 산 처리와 타액에 의해 재광화 효과가 희석되어 나타난 결과로 볼 수 있다.

하지만 타액의 영향을 받지 않은 선행연구의 결과와 비교했을 때 타액이 있을 때에도 증류수 군을 제외한 군에서 실험 용액 처리 전과 후에 통계적으로 유의한 차이가 나타난 것으로 보아 충분한 재광화 효과가 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서 시편의 차이를 최대한 줄이고 초기값을

좀 더 안정적으로 선택하기 위하여 건전한 법랑질의 밀도 값을 측정하여 두 배수로 시편을 선별하였고 탈회 용액에 침지 후 다시 밀도 값을 측정하여 표준편차가 적은 시편을 선별하여 군별로 분류하는 것을 통해 시편의 차이에 따른 영향을 최소화하고자 하였다.

미세전산화 단층 촬영술을 이용하여 초기우식 병소의 재광화를 평가한 기존의 보고에서와 마찬가지로 본 연구에서도 밀도 값을 측정할 수는 있었으나 3차원 적으로 이미지를 재현했을 때 재광화된 법랑질과 탈회된 법랑질의 차이가 이미지 상에서 구분이 되지 않았다. 반면 건전한 법랑질과 탈회된 법랑질의 차이는 시각적으로 뚜렷하게 확인할 수 있었다. 이는 우식병소에 재광화 제재를 도포한 후 3개월 또는 9개월 후 미세전산화 단층 촬영을 통해 3차원적 이미지를 얻은 문 등³⁰⁾과 이 등³¹⁾의 연구와 비교했을 때 실험기간이 짧았고 재광화 제재에 노출된 시간도 기존연구들에 비해 단 시간으로 재광화 처리 후에는 이미지상의 차이를 얻지 못한 것으로 생각된다. 이번 연구에서는 재광화 부위의 밀도 값만을 측정하였는데 추후 연구에서는 Transversal Microradiography(TMR) 등을 이용하여 무기질의 변화와 병소의 깊이 변화도 함께 평가할 필요가 있으며 죽염의 재광화 효과를 구강 내 환경에서 더 정확히 평가하기 위해 *in situ* 연구가 이루어질 필요가 있다.

이상과 같이 pH 순환처리 방법을 이용하여 인공타액의 재광화 효과를 고려하여 죽염의 작용을 살펴보았을 때도 죽염이 대조군과 유의하게 재광화 효과를 나타내는 것을 확인할 수 있었으며 불소와 함께 사용시에는 죽염 단독으로 사용할 때보다 유의하게 높은 재광화 효과를 나타냄을 알 수 있었다.

5. 결론

본 연구는 죽염의 초기우식병소 재광화 효과를 평가하고자 우치 법랑질에 초기 우식병소를 형성한 후 구강 내 환경을 재현하는 방법인 화학적 pH 순환처리 방법으로 죽염과 불소 용액을 14일 동안 처리하고 미세전산화 단층 촬영술을 이용하여 밀도변화량을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 초기 우식법랑질에 실험 용액을 처리 한 후 미세전산화단층 촬영술을 사용하여 재광화 정도를 측정한 결과 증류수를 제외한 죽염, 불소, 죽염과 불소를 혼합한 군에서 재광화 효과가 나타남을 확인할 수 있었다($p < 0.05$).
2. 실험 용액 처리 후 밀도 변화량은 각 군 간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$). 밀도변화량은 증류수가 0.04 ± 0.01 , 2% 불화나트륨 용액이 0.19 ± 0.01 , 3% 죽염 용액이 0.14 ± 0.01 , 2% 불화나트륨 용액과 3% 죽염 용액을 혼합한 용액이 0.24 ± 0.06 으로 나타났다. 죽염용액은 단독으로 사용했을 때와 불소와 혼합하여 사용한 경우 모두에서 재광화 효과를 나타냈으며 불소와 혼합하여 사용 시 단독 사용 시에 비해 더 높은 재광화 효과를 나타내었다.

이상과 같이 화학적 pH 순환처리 방법을 이용하여 인공타액의 재광화 효과를 고려한 경우에도 인공우식병소 하방의 처리전과 처리후의 밀도 값의 차이에 있어서도 죽염이 대조군과 통계적으로 유의하게 차이를 나타내는 것을 확인할 수 있었으며 불소와 함께 사용 시에는 죽염 단독으로 사용할 때보다 유의하게 높은 재광화 효과를 나타냄을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Bratthall D, Hansel-Petersson G, Sundberg H. Reasons for the caries decline: what do the experts believe? Eur J Oral Sci 1996;104(4):416-422.
2. 보건복지부. 2010 국민구강건강실태조사. 서울: 보건복지부; 2010:69-71.
3. 이난영, 김미라, 오유향, 이창섭, 이상호. 광중합기를 이용한 광학적 치아우식활성도 검사법. 대한소아치과학회지 2004;31(4):671-679.
4. Issa AI, Preston KP, Preston AJ et al. A study investigating the formation of artificial sub-surface enamel caries-like lesions in deciduous and permanent teeth in the presence and absence of fluoride. Arch Oral

- Biol 2003;48(8):567-571.
5. 김민영, 권호근, 김백일. 나노 수산화인회석이 첨가된 구강양치액의 법랑질 재광화 효과. 대한구강보건학회지 2007;31(2):156-166.
6. 오한나, 홍석진, 최충호. 죽염 및 불소용액이 우식병소에 미치는 영향에 대한 미세전산화단층 촬영술 이용 연구. 대한구강보건학회지 2011;35(3):273-280.
7. Shen P, Cai F, Nowicki A 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. 김영희, 류효익. 죽염의 제조과정에 따른 성분함량의 변화 및 타 염류와의 비교. 약학회지 2003;47(3):135-141.
9. 김승희, 강석연, 정기경 외 4인. 죽염의 특성 분석과 항위궤양효과. J.Fd Hyg. Safety 1998;13(3):252-257.
10. 김종열, 정성철, 손우성. 죽염과 식염을 함유한 치약의 치태억제 및 치은염증 감소효과에 관한 비교 연구. 대한구강보건학회지 1991;15(2):269-280.
11. 손우성, 유윤정, 김종열. 죽염과 식염의 구강내 세균증식 억제 효과에 관한 비교 연구. 대한구강보건학회지 1991;15(2):255-268.
12. 이상복, 박용덕, 최유진. 송진과 죽염이 배합된 분말세척제가 치은염과 치아지각과민증에 미치는 영향. 치과연구 2003;54(1):71-81.
13. 하명옥, 최충호, 윤혜정, 홍석진. 죽염함유치약의 법랑질 내산성 증진효과. 대한구강보건학회지 2010;34(4):482-490.
14. Kim YH, Hiroshi K, Takashi M et al. Effect of MFP/Bamboo salt dentifrice on fluoride uptake and acid resistance of bovine enamel in vitro. J Dent Health 1998;48(1):8-19.
15. Harris NO, Segura A. Primary preventive dentistry. 6판. 서울: 대한나래출판사; 2006: 38-56.
16. 김종배, 최유진, 백대일 외 5인. 예방치학. 4판. 서울: 고문사; 2009:153-156.
17. 송주현, 김영재, 김정옥 외 4인. QLF를 이용한 항우식 제품의 인공우식 재광화 효과에 대한 연구. 대한소아치과학회지 2008;35(2):287-296.
18. 김진희, 정성숙, 최충호, 홍석진. 국내 시판 중인 수종 치약의 불소함량과 인공우식법랑질에 미치는 영향. 대한구강보건학회지 2006;30(1):56-66.
19. 권지훈, 박호원, 이주현 서현우. 공초점 레이저 주사 현미경을 이용한 불소 바니쉬 재광화 효과의 분석. 대한소아치과학회지 2008;35(1):57-64.
20. 김종배, 백대일, 문혁수, 진보형, 박덕영. Cetylpyridinium chloride 및 죽염배합양치용액의 구강다형연쇄상구균수 및 치면세균막형성에 미치는 영향에 관한 실용실험적 연구. 대한구강보건학회지 1993;17(1):176-187.
21. 황수정, 김상년, 장석윤 외 5인. Curcuma xanthorrhiza oil 및 죽염배합세척제의 치은염억제효과. 대한구강보건학회지 2005;29(4):451-462.
22. 박경일, 최유진. 수종의 한약재 및 죽염 함유치약이 치태 및 치은염에 미치는 영향에 관한 임상적 연구. 대한구강보건학회지 1994;18(1):390-400.
23. Iijima Y, Takagi O, Duschner H et al. Influence of nail varnish on the remineralization of enamel single sections assessed by micro-radiography and confocal laser scanning microscopy. Caries Res 1998;32(5):393-400.
24. Gonzalez-Cabezas C, Fontana M, Dunipace AJ et al. Measurement of enamel remineralization using microradiography and confocal microscopy. A correlational study. Caries Res 1998;32(5):385-392.
25. Xie Q, Bedran-Russo AK, Wu CD. In vitro remineralization effects of grape seed extract on artificial root caries. J Dent 2008;36(11):900-906.
26. 김영숙, 민지현, 김영석 외 3인. 인공 초기우식병소에 대한 나노크기 탄산인회석의 재광화 효과. 대한구강보건학회지 2009;33(1):40-50.
27. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wev-

- ers M et al. A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *Int Endod J* 2001;34(5):390-398.
28. Rhodes JS, Pitt Ford TR, Lynch JA et al. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J* 1999;32(3):165-170.
29. 오한나, 정성숙, 이해진 외 3인. 미세전산화단층 촬영술을 이용한 불소바니쉬의 재광화 및 내산성 평가. *한국치위생학회지* 2010;10(5):947-953.
30. 문성권, 이재천, 김영재 외 3인. Fluoride varnish와 acidulated phosphate fluoride gel이 인공우식 병소에 미치는 영향에 대한 미세전산화 단층 촬영을 이용한 연구. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2004;31(2):212-222.
31. 이혁상, 김영재, 김정옥, 장기택. 미세 전산화 단층 촬영을 이용한 글라스 아이오노머 수복물의 인접 면우식 재광화 효과에 관한 장기간 연구. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2006;33(3):498-503.