

정상법랑질에서 1,500 ppm 불소함유 치약의 치아부식증 예방 효과

정성숙^{1,2}, 정기호³

전남대학교 치의학전문대학원 ¹예방치과학교실, ²치의학연구소, ³연세대학교 치과대학 예방치과학교실

Effects of dentifrice containing 1,500 ppm F (NaF) on dental erosion

Seong-Soog Jeong^{1,2}, Ki-Ho Chung³

¹Department of Preventive & Public Health Dentistry, Chonnam National University School of Dentistry,

²Dental Science Research Institute, Chonnam National University School of Dentistry, Gwangju,

³Department of Preventive Dentistry and Public Oral Health, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

Received: June 12, 2017

Revised: July 25, 2017

Accepted: August 3, 2017

Corresponding Author: Ki-Ho Chung

Department of Preventive Dentistry and
Public Oral Health, Yonsei University
College of Dentistry, 50 Yonsei-ro,
Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea
Tel: +82-2-2228-3070
Fax: +82-2-392-2926
E-mail: yspd8050@naver.com

Objectives: The purpose of this study was to evaluate the effect of a dentifrice containing 1,500 ppm F (NaF) and 2% bamboo salt on dental erosion caused by ingestion of acidic beverages.

Methods: Specimens of extracted bovine teeth enamel were embedded in a resin and polished. Experimental specimens were subjected to one of the six treatments (n=10 per treatment group): the experimental group consisted of 1,500 ppm F (NaF)+2% bamboo salt; 1,500 ppm F (NaF); 1,000 ppm F (NaF)+2% bamboo salt; 1,000 ppm F (NaF); free fluoride+2% bamboo salt; and free fluoride. The specimens were exposed to the experimental dentifrice, an acidic beverage, and artificial saliva. The treated specimens were analyzed using a Vickers surface hardness test and scanning electron microscopy (SEM). Surface hardness and SEM were compared before and after the chemical pH cycling sequences for 12 days.

Results: Group 1 (1,500 ppm F+2% bamboo salt) showed the highest surface hardness, followed by group 2 (1,500 ppm F), group 3 (1,000 ppm F+2% bamboo salt), group 4 (1,000 ppm F), group 5 (free fluoride+2% bamboo salt), and group 6 (free fluoride), in that order. Upon observing the surface by SEM, when bamboo salt was used and when the NaF concentration was higher, the enamel was denser and the surface was more highly remineralized.

Conclusions: The use of a higher concentration of NaF and bamboo salt resulted in a higher preventive effect on tooth erosive potential. The addition of bamboo salt to dentifrice containing a high concentration of NaF can contribute to preventing dental erosion.

Key Words: Bamboo salt, Dental erosion, NaF, Remineralization

서론

치아 경조직에 손상을 가져오는 대표적인 질환으로 치아우식증과 치아부식증이 있으며, 이 중 치아부식증은 세균과는 상관없이 화학적 작용에 의하여 치아 경조직이 소실되는 것을 말하며, 신음식이나 산도가 낮은 음료의 섭취 등이 치아부식증의 주요한 요

인으로 알려져 있다^{1,2)}. 특히 탄산음료, 과일 주스 및 스포츠 음료의 소비가 치아부식증의 발생률과 관련이 있다는 여러 선행 연구들이 있으며³⁻⁵⁾, 이러한 사실은 산성의 과일 음료섭취와 탄산음료의 소비가 치아부식증 발생률과 관련이 있다고 보고한 코호트 연구⁶⁾와 산성음료 섭취와 관련된 식이 습관이 치아부식증 발생 위험을 높일 수 있다는 메타분석 연구에서도 확인되었다⁷⁾.

식품의약품안전처의 조사 결과⁸⁾에 따르면, 국내 탄산음료와 과일주스, 스포츠 음료 등의 매출액은 꾸준히 증가해 오고 있다. Youn 등⁹⁾이 국내에서 판매되는 음료의 pH를 조사한 결과, 탄산음료 10종의 평균 pH는 2.93, 혼합음료 10종의 평균 pH는 3.45, 과일주스 10종의 평균 pH는 3.71로 국내 시판음료의 pH가 전체적으로 낮은 값을 나타내었다. 이는 Rytömaa 등¹⁰⁾이 주장한 법랑질 탈회 일어난 임계 pH 5.5보다도 낮으며 Larsen 등¹¹⁾이 아파타이트의 용해도가 급격히 증가된다고 보고한 음료 pH 4.0보다 낮은 값으로 법랑질 표면을 탈회시키기에 충분히 낮은 pH이다. 따라서 산성 음료를 섭취할 때 치아부식증을 예방하기 위해 부식된 치아의 탈회를 억제하고 재광화를 촉진하는 방법을 연구하는 것이 필요하다.

불소는 치아경조직의 내산성 증가를 통한 탈회 억제와 재광화를 촉진하기 위해 대표적으로 사용되는 물질이다. 구강에서 불소를 적용하는 방법에는 수돗물불소화사업, 전문가 불소국소도포, 불소양치용액, 불소제제, 불소치약 등 다양한 방법들이 있으며, 이중 불소함유 치약의 사용은 세계적으로 치아우식증 감소에 유의한 영향을 준 것으로 알려져 있다¹²⁾. 불소 함유량에 따라 치아우식 예방 효과가 달라지기 때문에 불소 농도에 따른 예방 효과를 기대하기 위하여 1,000 ppm 이상의 불소를 함유한 치약의 사용이 중요하다. 우리나라에서도 불소의 우식예방의 효용을 고려하여 2014년 9월 의약품 치약제의 불소배합 상한 규제를 1,000 ppm에서 1,500 ppm로 상향 조정하는 관련 고시¹³⁾를 개정하여, 1,500 ppm 불소함유 치약의 사용과 그 효용이 기대된다.

죽염이란 소금의 종류 중 가공염에 속하는 것으로 3년 이상 자란 대나무 속에 식염을 넣어 800°C 이상의 고온에서 구워 식염 중의 유해성분을 제거한 것으로 소금을 고열로 아홉 번 굽는 과정에서 천일염 속의 성분들이 대나무 속의 유허성분, 송진, 철 성분 등과 혼합되며 무기질의 함량이 증가된다¹⁴⁾. 구강질환과 관련된 죽염에 대한 연구는 죽염이 치아우식 유발균인 *S. mutans*의 성장과 산생성 억제효과¹⁵⁾와 죽염을 함유한 치약이 초기우식병소의 재광화를 유도하였고¹⁶⁾, 죽염을 함유한 치약이 법랑질 내산성을 증진시키는데 효과가 있다는 연구¹⁷⁾ 등이 있다. 최근의 연구¹⁸⁾에서 초기 우식병소에 죽염과 NaF를 혼합한 치약이 NaF 치약에 비해서 무기질 손실량이 더 적었고 내산성 증진효과가 있었으며, 1,500 ppm 불소(NaF)와 2% 죽염을 함께 사용한 경우 초기 인공우식 법랑질에서 유의한 재광화 효과를 보였다. 그러나 기존 연구에서는 초기우식병소의 재광화 효과에 대한 연구가 대부분이며 산성음료가 치아 경조직을 손상시킬 수 있는 부식 환경에서 불소와 죽염을 이용한 치아부식증 연구는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 화학적 pH 순환과정을 이용하여 기존의 1,000 ppm보다 증가한 1,500 ppm의 불소를 함유한 치약의 경우 불소 함량 증가 및 죽염첨가 여부가 산성음료 섭취 후에 정상 우치 표면에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

연구재료 및 방법

1. 실험치약 및 실험음료 선정

치아우식증이 없고 법랑질 표면이 건전한 소의 상악 영구절치를 사용하였으며, 불소는 NaF를 사용하였다. 본 연구에 사용된 실험치약의 구성은 Table 1에 정리된 것과 같이 불소가 전혀 함유되지 않은 치약군(0 ppm 불소)에 2% 죽염 함유여부에 따른 두개 군, 1,000 ppm 불소 치약군에 2% 죽염 함유여부에 따른 두개 군, 그리고 1,500 ppm 불소 치약군에 2% 죽염 함유여부에 따른 두개 군이었다. 실험음료로는 시중에 판매되는 탄산음료인 pH 2.73의 사이다음료(Lottechilsung beverage co. ltd, Gwangmyung, South Korea)를 사용하였다.

2. 실험방법

2.1. 시편제작

육안상 우식소견이 없고 건전한 법랑질 표면을 가진 소의 상악 영구절치순면에서 직경 5 mm의 원통형태의 법랑질 시편을 채득한 후 자가중합형 레진을 이용하여 시편의 법랑질 표면을 제외한 모든 면을 아크릴 봉에 포매하고, #60, #240, #600, #1200번 연마지(Carbimet, Buehler, Illinois, USA)와 감마산화알루미나를 시편의 법랑질 표면이 아크릴봉에 대해 직각상태를 유지하는 상태로 순차적으로 사용하여 시편을 연마하였다. 연마된 시편은 미세경도측정기(Fm-7, Future-tech Corp, Tokyo, Japan)로 법랑질 표면의 4부위에서 압인 방향에 대해 수직방향이 되도록 위치시킨 다음, 200 gf의 하중으로 10초 동안 압인한 후 400 배율에서 Vickers Hardness Number (VHN)를 측정하였다. 정상법랑질 표면경도가 260-330 VHN 범위에 해당하는 시편을 선택한 뒤 각 군당 10개씩 선정하였다.

2.2. 시편처리

모든 시편은 매일의 칫솔질과 유사한 방법으로 처리하고자 치약 10 gm과 인공타액 20 ml를 혼합한 현탁액(slurry)을 사용하였고 치약과 타액의 혼합은 각 처리시각 직전에 준비하였다. 실험치약과 인공타액 순환처리는 각 실험치약에 정상법랑질 시편을 하루 3분씩, 3회 침지 처리하였다. 그리고 산성음료에 의한 탈회시간은 처리 시 30분씩 2회 처리하여 일일 1시간 음료에 침지하였다. 그 외 시간은 인공타액에 침지하였다. 산성음료는 처리 전 교반기

Table 1. Test groups for the study

Group	Fluoride	Bamboo salt	Abrasive
1	1,500 ppm F (NaF)	2%	Silica
2	1,500 ppm F (NaF)	-	
3	1,000 ppm F (NaF)	2%	
4	1,000 ppm F (NaF)	-	
5	Free	2%	
6	Free	-	

에 60분간 200 rpm으로 교반하여 준비하였다. 산성음료에 침지한 시편은 증류수로 30초간 세척한 후 인공타액에 침지하였다. 이러한 과정을 12일 동안 반복하였다(Table 2).

2.3. 처리 후 시편의 평가

실험치약 처리전 VHN을 측정한 인접부위 4곳에서 다시 VHN을 측정하여 처리전과 후의 VHN의 차이로 치약의 효과를 산정하였다. 각 군의 평균과 표준편차를 계산하였고 각 군의 차이를 ANOVA로 검정하였다. 표면경도 측정 후 법랑질 표면의 상태변화를 관찰하고자 주사전자현미경(scanning electron microscopy, SEM; 108auto, JEOL, Tokyo, Japan)을 이용하였다. 백금으로 피복된 시편을 각각 접착테이프를 사용하여 시료대 위에 고정하고, 2 kV와 2 mA 하의 진공상태에서 1분 동안 2회 백금으로 피복시킨 시료를 사용하여 15 kV에서 50,000배의 배율로 법랑질의 표면을 관찰하였다.

2.4. 통계분석

법랑질 시편은 각 군간 표면 미세경도 차이를 비교하기 위해 One way ANOVA를 사용한 후 Duncan's test로 사후분석을 시행하였다. 통계분석은 SPSS (Statistical Packages for Social Science 21.0, Chicago, USA) 프로그램을 사용하였으며, 유의수준은 0.05

로 설정하였다.

연구 성적

1. 표면미세경도 변화

실험 전 1군부터 6군의 법랑질 표면 경도는 289.93-290.27 VHN으로 서로 유의한 차이가 없었으나, 12일 실험 처치 후 표면 경도는 1군 228.38±9.69 VHN, 2군 218.24±11.29 VHN, 3군 206.00±11.26 VHN, 4군 197.71±8.91 VHN, 5군 189.83±4.92 VHN, 6군 179.97±11.94 VHN 순으로 나타나 1군이 가장 적게 탈회됨을 보였다. 그리고 6군이 가장 낮은 표면경도를 보여 가장 많이 탈회되었음을 나타냈다(Table 3). 실험 처리후와 실험 처리전의 표면경도차(ΔVHN)는 6군(110.18±14.34 ΔVHN)이 가장 높은 값을 나타냈고, 5군(100.38±10.14 ΔVHN), 4군(92.56±15.99 ΔVHN), 3군(84.26±13.66 ΔVHN), 2군(71.07±16.11 ΔVHN), 1군(61.54±17.45 ΔVHN)순으로 나타났다(Table 3).

군간 결과는 12일 처리 후 2% 죽염과 1,500 ppm 불소함유 치약 1군이 가장 높은 표면경도를 나타냈으며 이어서 죽염이 함유되지 않은 1,500 ppm 불소함유 치약 2군이 그 다음으로 높은 표면경도를 나타냈다. 1,000 ppm 불소를 포함하고 있는 3군과 4군에서도 2%의 죽염을 함유한 3군이 그렇지 않은 4군보다 표면경도 값이 높게 나타났다. 또한 불소가 전혀 포함되지 않는 5군과 6군의 결과에서도 죽염을 함유한 5군이 그렇지 않은 6군보다 표면경도 값이 높게 나타났다(Table 3).

2. 주사전자현미경을 통한 표면관찰

주사전자현미경을 이용하여 12일간 실험 처리 후 시편 표면을 관찰한 결과 고농도의 불소를 함유한 경우, 낮은 농도의 불소나 불소를 함유하지 않은 치약군에 비해 법랑질 공극 부위가 더 촘촘하며 표면이 재석회화 된 양상을 나타내었다. 하지만 동일 불소농도에서 죽염 첨가 여부가 표면에 미치는 영향은 뚜렷하게 관찰되지 않았다(Fig. 1).

Table 2. Time table for treatment solution and artificial saliva cycle for the period of 12 days

Time	Treatment
09:00-09:03	Dentifrice Treatment
09:03-10:00	Artificial Saliva*
10:00-10:30	Acidic Beverage
10:30-12:00	Artificial Saliva*
12:00-12:03	Dentifrice Treatment
12:03-13:00	Artificial Saliva*
13:00-13:30	Acidic Beverage
13:30-15:00	Artificial Saliva*
15:00-15:03	Dentifrice Treatment
15:03-Next morning	Artificial Saliva*

*The artificial saliva used in this study contained; 0.22% Gastric mucin, 0.0381% NaCl, 0.0213% CaCl₂·2H₂O, 0.0738% KH₂PO₄, 0.1114% KCl.

Table 3. Effects of the different dentifrices on lesion surface hardness according to chemical cycling methods

(unit: VHN)

Group	N	Time (day)		Difference* (ΔVHN)
		0	12	
1	10	289.93±6.65	228.38±9.69	61.54±17.45 ^a
2	10	289.98±6.60	218.24±11.29	71.07±16.11 ^{a,b}
3	10	290.26±6.37	206.00±11.26	84.26±13.66 ^{b,c}
4	10	290.27±4.95	197.71±8.91	92.56±15.99 ^{c,d}
5	10	290.21±6.13	189.83±4.92	100.38±10.14 ^{d,e}
6	10	290.16±5.20	179.97±11.94	110.18±14.34 ^e

Values are mean±SD.

*P<0.05, by one-way ANOVA.

^{a,b,c,d,e}The same letter indicates no significant difference by Duncan's test at α=0.05.

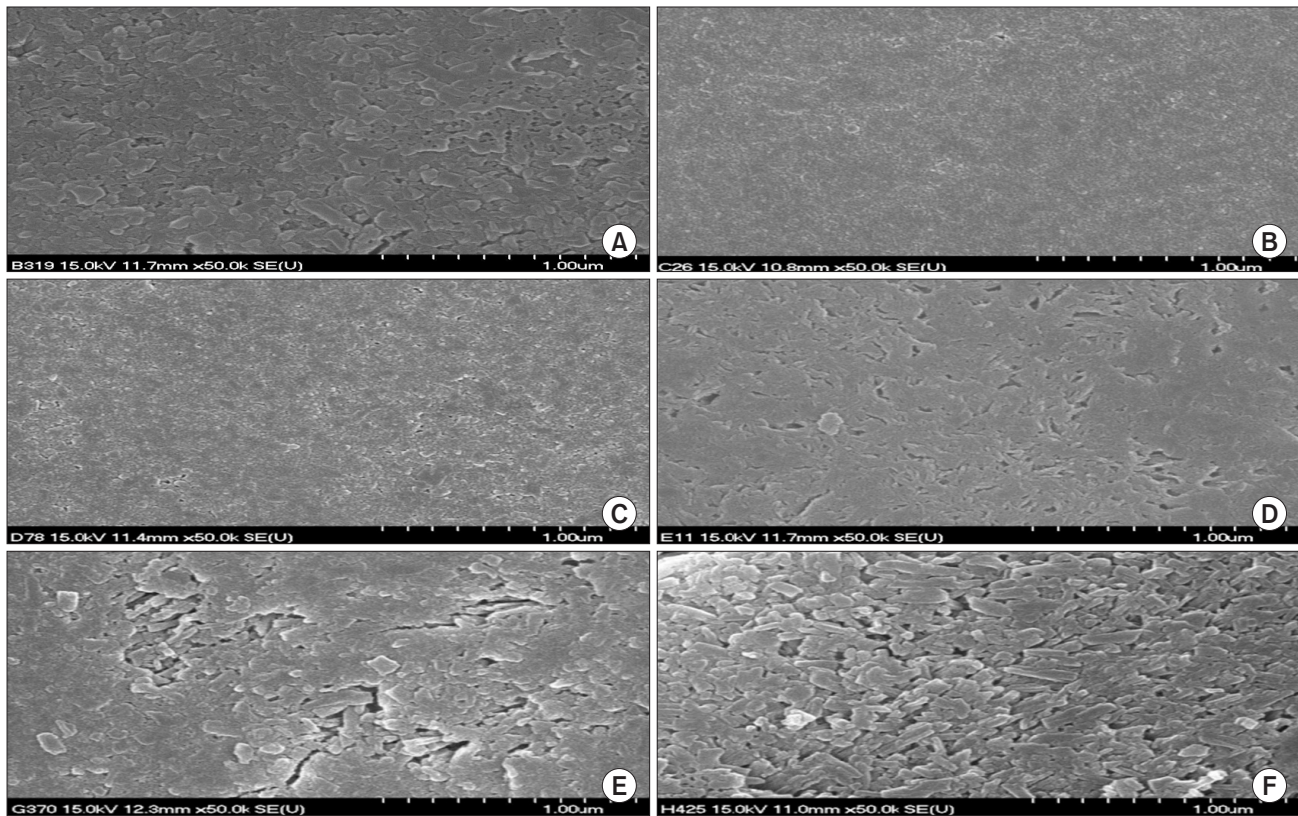


Fig. 1. SEM images of bovine teeth surface after treatment (A: 1,500 ppm F (NaF)+2% BS, B: 1,500 ppm F (NaF), C: 1,000 ppm F (NaF)+2% BS, D: 1,000 ppm F (NaF), E: free fluoride+2% BS, F: free fluoride, $\times 50,000$).

고 안

치아부식증을 예방하거나 탈회된 치아경조직 재광화의 증진을 위한 실용적인 방법으로 치약의 사용을 들 수 있다. 치약에 첨가되는 제재로 치아표면의 탈회억제와 파괴된 법랑질 결정의 표면이나 내부로 침투하여 재광화를 일으킬 수 있는 불소가 가장 널리 사용되어 왔다. 최근 국내에서 불소함유 치약에 사용하는 불소농도를 1,500 ppm으로 높이는 관련 고시가 개정됨에 따라 고농도의 불소함유 치약 사용시의 치아부식증 예방효과에 대한 연구가 필요한 상황이다.

본 연구에서는 실험실 상에서 화학적 pH 순환과정을 이용하여 기존의 1,000 ppm보다 증가한 1,500 ppm의 불소를 함유한 치약에서 불소 함량 증가 및 죽염첨가 여부가 산성음료 섭취 후에 정상 우치표면에 미치는 재광화 효과를 미세경도와 주사전자현미경상의 법랑질의 표면을 관찰함으로 알아보고자 하였다.

일불소인산나트륨(이하 SMFP)의 경우 각종 연마제에 대하여 안정적인 강점에도 불구하고 NaF 함유 치약이 SMFP 보다 치아부식증 예방에 더 효과적인 것으로 나타났다¹⁹⁾. 죽염과 함께 SMFP를 사용한 연구에 서는 유의한 죽염의 재광화 효과를 보이지 못했으나²⁰⁾, 죽염에 NaF를 함유시켰을 때에는 유의한 재광화 차이를 보였으므로²¹⁾, 본 연구에서 치약에 배합된 불화물은 NaF로 설정하였다. 치약내 물질의 상호작용과 관련하여 한가지 더 고려해야 할 것

은 연마제이다. 본 연구에서는 다른 연마제에 비해서 우식 병소내 가장 많은 불소를 침착시켰다고 보고된²²⁾ NaF-silica 처방을 사용하였다.

본 연구에서 실험 전 1군부터 6군의 법랑질 표면 경도는 289.93-290.27 VHN으로 서로 유의한 차이가 없었으나, 12일 실험 치치 후 표면경도는 NaF 농도와 죽염함유 여부에 따라 각 군별로 차이를 보였다. 2% 죽염과 1,500 ppm 불소를 함유하는 1군이 가장 높은 표면경도를 나타냈으며, 이어서 죽염을 함유하지 않은 1,500 ppm 불소 2군이 그 다음으로 높은 표면경도를 나타냈다. 1,000 ppm 불소를 포함하고 있는 3군과 4군에서도 2%의 죽염을 함유한 3군이 그렇지 않은 4군보다 표면경도 값이 높게 나타났다. 또한 불소가 전혀 포함되지 않는 5군과 6군의 결과에서도 죽염을 함유한 5군이 그렇지 않은 6군보다 표면경도 값이 높게 나타났다.

불소의 경우 0 ppm 불소, 1,000 ppm 불소, 1,500 ppm 불소 순서로 불소 농도가 고농도로 증가할수록 유의하게 표면미세경도 값이 높게 나타났다($P < 0.05$). 이는 법랑질 초기 우식병소에서 1,500 ppm 불소, 1,000 ppm 불소, 0 ppm 불소 순서로 더 높은 표면강도를 보인 Kim 등¹⁸⁾의 연구와 유사한 결과이다. 하지만 2% 죽염의 경우 1,500 ppm 불소, 1,000 ppm 불소, 0 ppm 불소 모두에서 죽염이 포함되지 않은 경우보다 죽염을 첨가했을 때 더 높은 표면미세경도 값을 보여주었으나 통계적으로 유의하지는 않았다($P > 0.05$). 1,000 ppm 불소에 죽염을 첨가한 치약이 1,500 ppm

불소 치약 보다 낮은 표면미세경도 값을 보였으나 유의한 차이가 나타나지 않았으며($P>0.05$), 죽염이 포함되지 않은 같은 농도의 1,000 ppm 불소치약보다 더 높은 표면미세경도 값을 보여주었으나 유의하지는 않았다($P>0.05$). 하지만 Hong 등²¹⁾의 연구에서는 1,000 ppm 불소와 3% 죽염을 사용한 결과, 3% 죽염을 사용한 경우에서 유의하게 표면경도가 증가하였다($P<0.05$). 따라서 통계적으로 유의한 수준의 법랑질 표면미세경도 값을 회복시키는 죽염 농도를 확인하기 위한 추후 연구가 필요하다고 사료된다.

주사전자현미경을 이용하여 표면을 관찰한 결과 낮은 농도의 불소나 불소를 함유하지 않은 치약군에 비해 고농도의 불소 치약 일수록 법랑질 공극 부위가 더 촘촘하며 표면이 재석회화 된 양상으로 구형의 결정구조가 치밀하게 재형성된 것을 볼 수 있었다. 이러한 이유로는 불소가 죽염의 무기질 성분들과 함께 산성음료 섭취로 인해 부식된 법랑질 표면하방의 미세 공극으로 침투하여 법랑질 공극을 메우고 표면을 조밀하게 재석회화한 것으로 생각된다¹⁸⁾. 하지만 동일 불소농도에서 죽염 첨가 여부가 표면에 미치는 영향은 뚜렷하게 관찰되지 않았는데, 이는 동일 불소농도에서 2% 죽염 첨가여부가 표면에 미치는 영향은 상대적으로 미세하여 부식차이 정도 등과 같은 관찰 시편의 상태에 따라 차이가 나타나기 때문으로 생각된다.

죽염은 제조과정에서 천일염 속의 성분들이 대나무 속의 유황 성분, 송진, 철 성분 등과 혼합되며 무기질의 함량이 증가된다¹⁴⁾. Zhao 등²³⁾의 연구에서 죽염의 무기질 함량은 Ca, Fe, Mn, P, S, K 함량이 많았고, 죽염이 천일염 및 정제염과 비교해서 정제염은 산성, 천일염은 약한 알칼리성인데 비해서 죽염이 알칼리성을 보이고, OH 함량도 죽염이 정제염의 6.5배, 천일염의 2.3배의 차이가 있었다. Attin 등²⁴⁾은 구연산이 첨가된 용액에 Ca와 P를 각각 첨가한 결과 부식이 억제되고, Larsen와 Nyvad²⁵⁾은 Ca와 P 농도를 높여주면 부식이 억제되며, Kim 등²⁶⁾은 Ca가 많이 함유된 유산균 음료일수록 치아부식위험도가 낮다고 보고하였는데, Ca와 P는 죽염의 미네랄 성분이므로 죽염의 부식억제 효과를 간접적으로 확인할 수 있다. 산성 음료 섭취시 탈회를 막기 위해서는 임계 pH 5.5 이하로 내려가지 않도록 하는 것이 중요하다. 죽염의 경우 10% 농도일 때 pH가 11.04 정도의 높은 알칼리성이고²³⁾ 높은 OH 함량을 보이므로, 낮은 pH의 산성음료 섭취시 음료의 산성 pH를 완충시켜서 임계 pH 이하로 내려가는 위험성을 낮춤으로써 탈회를 억제시킬 수 있으므로 치아부식증 예방에 기여할 수 있다고 생각된다.

본 연구에서 시행된 순환처리 과정은 인공타액만을 사용한 것으로 구강 내 환경을 정확히 재현하지 못한 한계를 가지고 있다. 치면세균막 내에서 불소와 죽염의 작용을 포함한 임상실험이 필요할 것으로 여겨진다. 본 연구에서 사용한 2% 죽염은 Hong 등²¹⁾의 연구결과와 달리 NaF 치약에 첨가되었을 때 표면강도를 유의하게 증가시키지 못하였으므로, 유의한 수준의 표면미세경도 값을 회복시키는 죽염 농도를 확인하기 위한 추후 연구가 필요하다고 사료된다. 또한 본 연구에서 죽염을 함유한 불소치약이 산에 의한 법랑질 탈회억제에 효과가 있다는 것을 보여주었지만, 두 물질의 상호작용에 대한 연구는 이루어지지 못한 상태이다. 앞으로 죽염이 불

소와 함께 작용하여 치아부식증이 발생한 법랑질 표면에서 어떻게 탈회를 억제하는지에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론

본 연구에서 정상법랑질이 산성음료에 노출되었을 때 농도가 다른 불소 또는 죽염이 함유된 치약을 사용하는 경우 치아표면에 발생할 수 있는 치아부식증에 대한 예방효과를 살펴보았다.

1군(2% 죽염과 1,500 ppm 불소(NaF))이 가장 높은 표면경도를 나타냈으며 이어서 2군(1,500 ppm 불소(NaF))이 그 다음으로 높은 표면경도를 나타냈고, 그 다음으로 3군(1,000 ppm 불소(NaF)+2% BS), 4군(1,000 ppm 불소(NaF)), 5군(0 ppm 불소+2% BS), 6군(0 ppm 불소)의 순서로 표면경도 값이 높게 나타났다. 주사전자현미경을 이용하여 표면을 관찰한 결과 죽염을 사용하고 NaF 농도가 높을수록 법랑질 공극 부위가 더 촘촘하며 표면이 재석회화 된 양상으로 구형의 결정구조가 치밀하게 재형성된 것을 볼 수 있었다.

이상의 결과를 고려할 때, NaF는 고농도로 함유될수록 더욱 효과적으로 치아부식증을 예방하는 효과가 있는 것으로 나타났으며, 죽염이 함유되었을 때의 표면 경도 값이 비교적 더 높게 나타나는 경향을 보여 고농도의 NaF 함유 치약에 죽염이 첨가될 경우 효과적으로 치아부식증 예방에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

References

1. Eccles JD. Tooth surface loss from abrasion, attrition and erosion. Dental update 1982;9:373-381.
2. Meunierhoff La, Johnson MH. Erosion a case caused by unusual diet. J Am Dent Assoc 1982;9:373-381.
3. Ehlen LA, Marshall TA, Qian F, Wefel JS, Warren JJ. Acidic beverages increase the risk of *in vitro* tooth erosion. Nutr Res 2008;28:299-303.
4. Hunter ML, West NX, Hughes JA, Newcombe RG, Addy M. Erosion of deciduous and permanent dental hard tissue in the oral environment. J Dent 2000;28:257-263.
5. West NX, Maxwell A, Hughes JA, Parker DM, Newcombe RG, Addy M. A method to measure clinical erosion: the effect of orange juice consumption on erosion of enamel. J Dent 1998;26:329-335.
6. Dugmore CR, Rock WP. A multifactorial analysis of factors associated with dental erosion. Br Dent J 2004;196:283-286.
7. Salas MM, Nascimento GG, Vargas-Ferreira F, Tarquinio SB, Huysmans MC, Demarco FF. Diet influenced tooth erosion prevalence in children and adolescents: Results of a meta-analysis and meta-regression. J Dent 2015;43:865-875.
8. Ministry of Food and Drug Safety. 2015 Production of food and food additives. Cheongju:Ministry of Food and Drug Safety;2015:126-127.
9. Youn HJ, Jeong SS, Hong SJ, Choi CH. Surface microhardness changes caused by commercial drinks on sound enamel of bovine teeth. J Korean Acad Oral Health 2006;30:23-36.
10. Rytömaa I, Meurman JH, Koskinen J, Laakso T, Gharazi L, Turunen R. *In vitro* erosion of bovine enamel caused by acidic drinks and other foodstuffs. Scand J Dent Res 1998;96:324-333.

11. Larsen MJ, Nyvad B. Enamel erosion by some soft drinks and orange juices relative to their pH, buffering effect and contents of calcium phosphate. *Caries Res* 1999;33:81-87.
12. Mani SA. Evidence-based clinical recommendation for fluoride use: a review. *Arch Orolfac Sci* 2009;4:1-6.
13. Ministry of Food and Drug Safety. Medicines etc standard manufacturing standards some revision notices(014-152). Cheongju:Ministry of Food and Drug Safety;2014:1-9.
14. Kim YH, Ryu HI. Elements in a bamboo salt and comparison of its elemental contents with those in other salts. *Archives of Pharmacal Research* 2003;47:135-141.
15. Oh HN, Choi CH. Effect of bamboo salt on the caries activity of *Streptococcus mutans*. *J Korean Acad Oral Health* 2016;40:238-243.
16. Choi CH, Ha MO, Youn HJ, Jeong SS, Iijima Y, Sohn W, et al. Effect of bamboo salt-NaF dentifrice on enamel remineralization. *Am J Dent* 2012;25:9-12.
17. Ha MO, Choi CH, Youn HJ, Hong SJ. The effect of dentifrice containing bamboo salt on the acid resistance of enamel. *J Korean Acad Dent Health* 2010;34:482-490.
18. Kim AO, Jeong SS, Kim DE, Ha WH, Moon KT, Choi CH, et al. Remineralization effect of 1,500 ppm fluoride-containing toothpaste in enamel early caries lesion. *J Korean Acad Oral Health* 2016;40:270-276.
19. Stephen KW, Chestnutt IG, Jacobson AP, McCall DR, Chesters RK, Huntington E, et al. The effect of NaF and SMFP toothpastes on three-year caries increments in adolescents. *Int Dent J* 1994;44:287-295.
20. Hong SJ, Park KC, Stookey GK. Effect of fluoride dentifrices on sub-surface enamel caries. *J Korean Acad Oral Health* 1996;20:1-10.
21. Hong SJ, Youn HJ, Jeong SS, Choi CH. Effects of dentifrice containing bamboo salt and NaF on incipient dental caries. *J Korean Acad Oral Health* 2006;30:254-260.
22. Reintsema H, Arends J. Fluoridating efficacy of several fluoride containing dentifrice systems *in vivo*. *Caries Res* 1987;21:22-28.
23. Zhao X, Jung OS, Park KY. Alkaline and antioxidant effects of bamboo salt. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2012;41:1301-1304.
24. Attin T, Meyer K, Hellwig E, Buchalla W, Lennon AM. Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion. *Arch Oral Biol* 2003;48:753-759.
25. Larsen MJ, Nyvad B. Enamel erosion by some soft drinks and orange juices relative to their pH, buffering effect and contents of calcium phosphate. *Caries Res* 1999;33:81-87.
26. Kim MA, Jeong SS, Youn HJ, Park YN, Choi CH, Hong SJ. The erosive effect of some commercial yogurts including different calcium contents on enamel surface. *J Korean Acad Oral Health* 2011;35:266-272.