

## 불소와 칼슘의 법랑질 재광화 효과에 대한 생체의 연구

이 광 희

원광대학교 치과대학 소아치과학교실 · 원광치의학연구소

### 국문초록

침식된 치아 법랑질의 효과적인 재광화 방법에 관한 연구의 일환으로, 0.1~1.0% 구연산 용액에서 60분간 탈회시킨 사람 소구치 법랑질을 인공타액, 100ppm 및 1000ppm 불소가 첨가된 인공타액, 1000ppm 칼슘이 첨가된 인공타액, 100ppm 불소와 1000ppm 칼슘이 첨가된 인공타액에 각각 넣고 재광화시키면서, 3시간과 6시간 경과시에 표면미세경도를 측정하였다. 불소나 칼슘을 첨가하지 않은 인공타액 및 불소 100ppm을 첨가한 인공타액에서는 6시간 동안 유의한 재광화가 일어나지 않았으며, 불소 1000ppm을 첨가한 인공타액에서는 3시간 후에 유의한 재광화가 관찰되었고 3시간부터 6시간 사이에는 유의한 재광화가 일어나지 않았으며, 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액 및 불소 100ppm과 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액에서는 3시간 후와 6시간 후에 유의한 재광화가 관찰되었다(유의수준 P=0.05). 불소나 칼슘을 첨가하지 않은 인공타액 또는 불소 100ppm을 첨가한 인공타액에 비해 불소 100ppm과 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액의 재광화효과가 유의하게 더 컸으며, 불소를 100ppm 또는 1000ppm으로 첨가한 것, 불소 농도를 100ppm에서 1000ppm으로 증가시킨 것, 칼슘을 1000ppm으로 첨가한 것은 재광화효과를 유의하게 증가시키지 않았다.

**주요어** : 치아침식증, 불소, 칼슘, 타액, 재광화

### I. 서 론

현대인의 생활에서 구강위생수준이 향상되고 산성 음료의 소비가 증가하면서 치아건강에 가장 큰 위협이 되어 왔던 치아우식증의 발생율이 감소하는 반면에 치아침식증(dental erosion)의 발생율이 증가하고 있다<sup>1,2)</sup>. 치아침식증은 치태에 덮힌 치아 표면 아래에서 탈회가 시작되는 치아우식증과는 다르게, 내인성 또는 외인성 산에 의해서 치아가 표면으로부터 직접 탈회되는 양상을 나타낸다.

치아침식증은 치아우식증과는 달리 구강위생수준이 높은 사람들도 발견된다. 이에 대하여 Shaw와 Smith<sup>3)</sup>는 산으로부터

부터 치아를 보호하는 피막(pellicle)이 치약내 마모제에 의해 제거되기 때문이라고 하였다. Hannig와 Balz<sup>4)</sup>는 타액이 법랑질을 산으로부터 보호하는 피막을 치면에 형성한다고 하였고, Amaechi 등<sup>5)</sup>은 피막의 두께가 치열의 부위에 따라 다른 것이 침식증이 특정 부위에 호발하는 이유가 될 수 있다고 하였으며, Kuroiwa 등<sup>6)</sup>은 식사 전에 칫솔질을 하는 것은 타액에 의해 형성된 피막을 제거하여 식사 중에 치아가 산의 공격을 받기 쉽게 만든다고 하였고, Attin 등<sup>7,8)</sup>은 산성 음료에 의해 침식된 법랑질은 최소한 60분이 지난 후 칫솔질을 해야 한다고 하였다. 따라서, 치아우식증의 관리방법으로 강조되는 철저한 구강위생은 치아침식증의 경우에 적용되지 않으며, 치아침식증의 발생을 억제하기 위하여는 다른 접근방법이 필요하다.

치아침식증의 주된 발생요인은 산성 음료의 빈번한 섭취로 알려져 있으므로<sup>9-13)</sup>, 산성 음료의 섭취를 제한하는 것이 치아침식증의 발생을 억제하는 기본적인 방법이다. 또한, 산성 음료의 성분을 조정하여 치아침식력을 낮추는 방법으로서 산성 음료에 칼슘<sup>14,15)</sup>이나 불소<sup>16-18)</sup> 등을 첨가하는 방법이 연구되고 있다. 기호식품의 섭취를 제한하는 것은 실천하기가 어렵고, 식품에 다

교신저자 : 이 광 희

전북 익산시 신용동 344-2

원광대학교 치과대학 소아치과학교실

Tel : 063-850-1955~7

E-mail : kwhlee@wonkwang.ac.kr

※ 이 논문은 2004년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행됨.

큰 성분을 첨가하는 것은 맛이나 안전성의 문제 때문에 한계가 있다. 또 하나의 방법은 재광화를 시도하는 것이다. 당분 섭취 후 치태에서 산이 생성되어 탈회가 진행되는 치아우식증과는 달리, 치아침식증은 산의 직접적 접촉에 의해서 탈회가 발생하는 것이므로, 산에 의한 침식 공격은 짧은 시간에 걸쳐 일어나며, 나머지 시간에는 타액에 의한 재광화가 일어난다. Amaechi와 Higham<sup>19,20)</sup>은 치아침식증에 대한 감수성이 개인, 치아, 치면에 따라 다른 이유가 타액의 성분과 흐름이 개인 및 구강내 부위에 따라 다르기 때문이며, 타액은 범랑질의 초기 침식을 재광화할 수 있다고 하였다.

그러나, 타액에 의한 재광화는 산에 의한 침식과 비교할 때 매우 느리게 일어난다. 장<sup>21)</sup>은 콜라 등의 산성 음료에 5분간 담근 후 치아의 미세경도 감소가 일어났음을 보고하였고, 김<sup>22)</sup>은 콜라에 5분간 탈회된 시편을 구강에 노출시켰을 때 48시간 경과 후에도 원래의 경도로 회복되지 못하였다고 하였으며, Eisenburger 등<sup>23,24)</sup>은 구연산 침식 후에 표면이 연화된 범랑질을 인공타액에 6시간 이상 담가 재광화시켰을 때 초음파에 대항할 수 있을 정도로 표면이 재경화되었다고 하였다. 따라서, 산성 음료를 자주 섭취하는 경우에는 타액에 의한 자연적 재광화만으로는 치아침식증의 발생을 막을 수 없게 된다.

재광화를 촉진하기 위해 사용되는 재광화용액<sup>25)</sup>, 불소치약<sup>26,27)</sup>, 재광화치약<sup>28-30)</sup> 등의 주 성분은 불소와 칼슘으로서, 식품에 첨가하는 경우와 달리 불소와 칼슘의 농도를 임의로 높일 수 있다는 장점이 있다. 안 등<sup>13)</sup>은 침식된 유치 범랑질을 0.05% 불화나트륨이 첨가된 인공타액에 담가 72시간 동안 재광화시켰을 때 경도의 회복율이 76%이었다고 보고하였다. 실제로 재광화 재료의 1회 구강내 적용시간은 용액은 1분, 치약은 3분 이상이 되기 어렵고 전문가 도포의 경우에도 일반적인 불소국소도포 시간인 4분을 넘기기 어렵다고 볼 때, 짧은 시간에 재광화효과를 극대화하는 것이 필요하다.

이에 저자는, 침식된 치아 범랑질의 효과적인 재광화 방법에 관한 연구의 일환으로, 구연산에 의해 침식된 범랑질의 재광화 용액으로서 인공타액, 100ppm 및 1000ppm 불소가 첨가된 인공타액, 1000ppm 칼슘이 첨가된 인공타액, 100ppm 불소와 1000ppm 칼슘이 첨가된 인공타액의 효과를 비교 관찰하고 그 결과를 보고한다.

## II. 연구재료 및 방법

### 가. 범랑질 시편 제작

치열교정을 위해 발거한 소구치에서, 치아우식증이나 색소, 손상, 부착물이 없는 평활면으로부터 3mm × 3mm 넓이로 범랑질 시편을 잘라내어, 범랑질 표면이 위로 나오도록 레진괴에 매몰하여 범랑질 시편 32개를 제작한 후, 연마기(Metaserv grinder-polisher, Buehler, Germany)로 300grit에서 1200grit까지 순차적으로 표면을 연마하였다.

### 나. 탈회 및 미세경도 측정

0.1%, 0.3%, 0.5%, 1% 구연산(citric acid anhydrous, Sigma, USA) 용액을 각각 제조하고, 각 용액 50ml에 시편을 8개씩 넣고 37℃에서 60분간 탈회시켰다. 미세경도측정기(MHT-10, Anton Parr, Austria)로 Vickers 경도를 하중 400g을 5초간 부여하는 조건으로 각 시편의 탈회후 표면미세경도를 측정하였다. 시편 중앙을 3회 이상 측정하되, 측정치 간의 차이가 10 VHN(Vickers Hardness Number) 이상 벌어지는 경우에는 그 이내의 값이 세 개가 될 때까지 반복 측정하였다.

### 다. 재광화

다섯 가지의 재광화용액을 사용하였다(Table 1). 1군은 기성 제품 인공타액(탈리바액, 한림제약, 한국)을 그대로 사용하였다. 2군은 인공타액에 불화나트륨(sodium fluoride, Shinyo Pure Chemicals Co., Ltd, Japan)을 0.022% 농도로 첨가하여 불소이온농도가 100ppm이 되게 하였다. 3군은 인공타액에 불화나트륨을 0.22% 농도로 첨가하여 불소이온농도가 1000ppm이 되게 하였다. 4군은 인공타액에 염화칼슘(calcium chloride dihydrate, Sigma, USA; CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O)을 0.367% 농도로 첨가하여 칼슘이온농도가 1000ppm이 되게 하였다. 5군은 인공타액에 불소이온농도가 100ppm, 칼슘이온농도가 1000ppm이 되게 하였다. 탈리바액의 성분은 100ml 중 카르복시메틸셀룰로오스나트륨 1g, D-소르비톨 3g, 염화나트륨 84mg, 염화칼륨 120mg, 염화칼슘 15mg, 염화마그네슘 5mg, 인산일수소칼륨 34mg이었다.

시편을 1군에 4개, 나머지 군들에 7개씩 배정하고, SPSS 프로그램의 분산분석 및 최소유치의 사후검정(ANOVA & LSD post hoc test)을 통해, 5개군간 평균치의 차이가 유의하지 않음을 확인하였다(P>0.05).

실험군별로 재광화용액 50ml에 시편들을 넣고 밀폐한 후 37℃에서 재광화시키면서, 3시간과 6시간 경과시에 각각 꺼내어 물로 씻은 후 미세경도를 측정하였다. 3시간 경과시 측정 후에 재광화용액을 새 것으로 교환하였다.

**Table 1.** Experimental design

Group	Remineralizing solution
1	Artificial saliva
2	Artificial saliva + F 100ppm
3	Artificial saliva + F 1000ppm
4	Artificial saliva + Ca 1000ppm
5	Artificial saliva + F 100ppm + Ca 1000ppm

라. 자료 분석

SPSS 프로그램의 분산분석 및 최소유의차 사후검정(ANOVA & LSD post hoc test)과 대응표본간 t검사를 통해, 실험군 별 평균 경도를 산출하고 평균간 차이의 유의성을 분석하였다.

Ⅲ. 연구성적

3시간 경과 후 경도는 3군이 29%(반올림하였음, 이하 동일), 4군이 25%, 5군이 40% 유의하게 증가하였으며(P<0.05, 대응표본간 t검사), 1군과 5군 사이 및 2군과 5군 사이에 유의한 차이가 있었다(P<0.05, 분산분석 및 최소유의차 사후검정)(Table 2). 6시간 경과 후 경도는 3군이 32%, 4군이 35%, 5군이 51% 유의하게 증가하였으며, 1군과 5군 사이 및 2군과 5군 사이에 유의한 차이가 있었다. 3시간 경과 후 측정치에 비해 6시간 경과 후 측정치가 유의하게 증가한 것은 4군과 5군이 었다.

따라서, 불소나 칼슘을 첨가하지 않은 인공타액 및 불소 100ppm을 첨가한 인공타액에서는 6시간 동안 재광화가 일어나지 않았으며, 불소 1000ppm을 첨가한 인공타액에서는 3시간 후에 재광화가 관찰되었고 3시간부터 6시간 사이에는 재광화가 일어나지 않았으며, 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액 및 불소 100ppm과 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액에서는 3시간 후와 6시간 후에 재광화가 관찰되었다.

또한, 불소나 칼슘을 첨가하지 않은 인공타액 또는 불소 100ppm을 첨가한 인공타액에 비해 불소 100ppm과 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액의 재광화효과가 더 컸으며, 불소를 100ppm 또는 1000ppm으로 첨가한 것, 불소 농도를

100ppm에서 1000ppm으로 증가시킨 것, 칼슘을 1000ppm으로 첨가한 것은 재광화효과를 증가시키지 않았다.

Ⅳ. 총괄 및 고찰

연구에 사용된 불소농도는 100ppm과 1000ppm으로서, 불화나트륨 0.022%와 0.22%에 해당한다. 우식예방을 위해 매일 사용하는 불화나트륨 양치액의 농도가 0.05%(225ppm), 1주에 1회 사용하는 불화나트륨 양치액의 농도가 0.2% (900ppm)인 것과 비교하면, 대체로 비슷한 범위에 있다고 볼 수 있다. 안 등<sup>13)</sup>은 불화나트륨을 0.05% 농도로 첨가한 인공타액에 침식된 법랑질을 담갔을 때 표면미세경도의 증가율은 1시간 후에 14%(소수점 이하 반올림), 24시간 후에 26%이었다고 하였다. Manning와 Edgar<sup>27)</sup>는 1500ppm의 불소를 함유하고 있는 불소치약의 사용으로 재광화가 일어났다고 하였고, Attin 등<sup>31)</sup>은 칫솔질 하기 직전에 2000ppm 불화나트륨 용액을 도포한 것이, 생체외에서 침식된 상아질의 마모를 유의하게 감소시켰다고 하였다. 위 두 연구의 실험 방법이 저자의 연구와 달라서 재광화효과의 비교는 어렵지만 상당히 높은 농도의 불소를 사용하고 있음을 알 수 있다. 전문가 불소국소도포용으로 사용하는 불화나트륨용액의 농도는 2%로서 약 9000ppm에 해당한다.

반면에, Featherstone<sup>32)</sup>은 낮은 농도의 불소가 재광화를 촉진하는 효과가 있다고 하였고, Hellwig와 Lussi<sup>33)</sup>는 생체의 실험에서 아주 작은 양의 불소가 재광화를 촉진하는 것으로 나타났으나 임상적으로는 보편적으로 타당한 적정 불소농도를 확정할 수 없다고 하였다. Hicks 등<sup>34)</sup>은 재광화는 최소량의 불소와 더불어 칼슘과 인을 공급함으로써 증진되며 불소는 1ppm 이하

**Table 2.** Remineralization of demineralized human premolar enamel by artificial saliva, fluoride, and calcium

Group	N	Remineralization time (hours)					Significant difference (t-test, P(0.05))
		0	3	Increase	6	Increase	
1	4	242.38 ±53.56	244.59 ±39.42	2.08%	251.92 ±52.24	4.41%	NS
2	7	233.56 ±43.93	245.31 ±51.70	5.84%	258.51 ±23.38	12.79%	NS
3	7	235.21 ±42.95	300.37 ±70.91	28.89%	305.34 ±61.92	31.53%	0 ~ 3 hrs 0 ~ 6
4	7	234.71	290.64	25.14% ±42.03	313.41 ±45.26	34.49% ±52.74	0 ~ 3 0 ~ 6 3 ~ 6
5	7	230.46 ±42.43	314.45 ±53.96	39.81%	338.53 ±53.84	50.60%	0 ~ 3 0 ~ 6 3 ~ 6
Significant difference (ANOVA & LSD, P(0.05))		NS	Group 1~5 2~5		Group 1~5 2~5		

의 극히 적은 양으로도 재광화를 일으킬 수 있는데 이것은 불소가 촉매로서 작용하여 치아표면에서 칼슘과 인의 용해와 변형의 반응속도에 영향을 끼치기 때문이라고 하였다. 산성 음료의 치아침식력을 감소시키기 위한 목적으로 산성 음료에 불소를 첨가할 때에는 인체에 해롭지 않도록 수돗물의 불소농도인 1ppm 이하로 해야 하는데 그 정도로 낮은 농도에서도 불소첨가의 효과가 있음을 알 수 있다. 그러나 재광화용액이나 불소치약 등의 경우에는 불소를 고농도로 첨가하는 것이 일반적이다. Twetman 등<sup>35)</sup>은 불소농도가 1500ppm인 치약이 1000ppm인 치약보다 우식예방효과가 더 컸다고 보고하였다.

한편, 저자의 연구에 사용된 인공타액에 포함된 칼슘 성분은 염화칼슘으로서 15mg/100ml의 농도로 포함되어 있으며 칼슘이온의 농도를 계산하면 54ppm이다. 따라서, 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액내 칼슘이온농도는 1054ppm으로서, 첨가하지 않은 인공타액내 칼슘이온농도 54ppm의 약 20배이었다.

연구성적(Table 2)을 보면, 불소 1000ppm을 첨가한 인공타액에서 3시간 동안 재광화가 일어났고 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액 및 불소 100ppm과 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액에서는 3시간 후와 6시간 후에 재광화가 관찰되었다. 또한, 불소나 칼슘을 첨가하지 않은 인공타액 또는 불소 100ppm을 첨가한 인공타액에 비해, 불소 100ppm과 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액의 재광화효과가 더 컸으며, 불소를 100ppm 또는 1000ppm으로 첨가한 것, 불소 농도를 100ppm에서 1000ppm으로 증가시킨 것, 칼슘을 1000ppm으로 첨가한 것은 재광화효과를 증가시키지 않았다.

실험군간 평균의 차이가 상당히 큰 경우에도 유의하지 않은 것으로 나타난 것은 표준편차가 컸기 때문으로 볼 수 있으며, 표준편차가 컸던 것은 탈회에 사용된 구연산용액의 농도가 0.1%에서 1%까지 넓었기 때문일 것이다. 또한, 탈회에 비해 재광화 과정에는 시편에 따른 미세경도 측정치의 변이가 더 심하게 나타났다. 처음에 실험한 군의 수는 연구성적에 기술된 5개군보다 더 많았으나 변이가 심하게 나타난 시편들을 제외시킨 결과로 일부 실험군을 연구성적에 포함시키지 않았다. 앞으로의 연구에서는 시편의 표준화를 제고하기 위한 노력이 필요하다고 생각된다.

## V. 결 론

침식된 치아 법랑질의 효과적인 재광화 방법에 관한 연구의 일환으로, 0.1~1.0% 구연산 용액에서 60분간 탈회시킨 사람 소구치 법랑질을 (1) 인공타액, (2) 100ppm 불소가 첨가된 인공타액, (3) 1000ppm 불소가 첨가된 인공타액, (4) 1000ppm 칼슘이 첨가된 인공타액, (5) 100ppm 불소와 1000ppm 칼슘이 첨가된 인공타액에 각각 넣고 재광화시키면서 3시간과 6시간 경과시에 표면미세경도를 측정하였다.

불소나 칼슘을 첨가하지 않은 인공타액 및 불소 100ppm을 첨가한 인공타액에서는 6시간 동안 유의한 재광화가 일어나지

않았으며, 불소 1000ppm을 첨가한 인공타액에서는 3시간 후에 유의한 재광화가 관찰되었고 3시간부터 6시간 사이에는 유의한 재광화가 일어나지 않았으며, 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액 및 불소 100ppm과 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액에서는 3시간 후와 6시간 후에 유의한 재광화가 관찰되었다 (유의수준 P=0.05).

또한, 불소나 칼슘을 첨가하지 않은 인공타액 또는 불소 100ppm을 첨가한 인공타액에 비해 불소 100ppm과 칼슘 1000ppm을 첨가한 인공타액의 재광화효과가 유의하게 더 컸으며, 불소를 100ppm 또는 1000ppm으로 첨가한 것, 불소 농도를 100ppm에서 1000ppm으로 증가시킨 것, 칼슘을 1000ppm으로 첨가한 것은 재광화효과를 유의하게 증가시키지 않았다.

## 참고문헌

1. Linnett V, Kim Seow W : Dental erosion in children: A literature review. *Pediatr Dent*, 23:37-43, 2001.
2. Shaw L, O' Sullivan E : Diagnosis and prevention of dental erosion in children. *Int J Paediatr Dent*, 10:356-365, 2000.
3. Shaw L, Smith A : Dental erosion - the problem and some practical solutions. *Brit Dent J*, 186:115-118, 1998.
4. Hannig M, Balz M : Influence of in vivo formed salivary pellicle on enamel erosion. *Caries Res*, 33:372-379, 1999.
5. Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM, et al. : Thickness of acquired salivary pellicle as a determinant of the sites of dental erosion. *J Dent Res*, 78:1821-1828, 1999.
6. Kuroiwa M, Kodaka T, Kuroiwa M, et al. : Brushing induced effects with and without a non-fluoride abrasive dentifrice on remineralization of enamel surfaces etched with phosphoric acid. *Caries Res*, 28:309-314, 1994.
7. Attin T, Buchalla W, Gollner M, et al. : Use of variable remineralization periods to improve the abrasion resistance of previously eroded enamel. *Caries Res*, 34:48-52, 2000.
8. Attin T, Knofel S, Buchalla W, et al. : In situ evaluation of different remineralization periods to decrease brushing abrasion of demineralized enamel. *Caries Res*, 35:216-222, 2001.
9. West NX, Hughes JA, Addy M : Erosion of dentine and enamel in vitro by dietary acids: the effect of temperature, acid character, concentration and ex-

posure time. *J Oral Rehabil*, 27:875-880, 2000.

10. Lussi A, Schaffner M : Progression of and risk factors for dental erosion and wedge-shaped defects over a 6-year period. *Caries Res*, 34:182-187, 2000.
11. O' Sullivan EA, Curzon ME : A comparison of acidic dietary factors in children with and without dental erosion. *ASDC J Dent Child*, 67:186-192, 2000.
12. Johansson AK, Sorvari R, Birkhed D, et al. : Dental erosion in deciduous teeth - an in vivo and in vitro study. *J Dent*, 29:333-340, 2001.
13. 안호영, 이광희, 김대업 : 산성 음료에 의한 법랑질의 침식과 인공타액에 의한 재광화. *대한소아치과학회지*, 29:84-91, 2002.
14. Hughes JA, West NX, Parker DM, et al. : Development and evaluation of a low erosive blackcurrant juice drink. 3. Final drink and concentrate, formulae comparison in situ and overview of the concept. *J Dent*, 27:345-350, 1999.
15. Hughes JA, West NX, Parker DM, et al. : Effects of pH and concentration of citric, malic and lactic acids on enamel, in vitro. *J Dent*, 28:147-152, 2000.
16. Attin T, Meyer K, Hellwig E, et al. : Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion. *Arch Oral Biol*, 48:753-759, 2003.
17. Larsen MJ : Prevention by means of fluoride of enamel erosion as caused by soft drinks and orange juice. *Caries Res*, 35:229-234, 2001.
18. Larsen MJ, Richards A : Fluoride is unable to reduce dental erosion from soft drinks. *Caries Res*, 36:75-80, 2002.
19. Amaechi BT, Higham SM : In vitro remineralisation of eroded enamel by saliva. *J Dentistry*, 29:371-376, 2001.
20. Amaechi BT, Higham SM : Eroded enamel lesion remineralization by saliva as a possible factor in the site-specificity of human dental erosion, *Arch Oral Biol*, 46:697-703, 2001.
21. 장기택 : 수중 음료수의 법랑질과 상아질 침식에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 24:719-726, 1997.
22. 김정옥 : 산성 음료수에 의한 법랑질 침식과 구강내 재경화에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 25:312-319, 1998.
23. Eisenburger M, Hughes J, West NX, et al. : The use of ultrasonication to study remineralisation of eroded enamel. *Caries Res*, 35:61-66, 2001.
24. Eisenburger M, Addy M, Hughes JA, et al. : Effect of time on the remineralisation of enamel by synthetic saliva after citric acid erosion. *Caries Res*, 35:211-215, 2001.
25. Iijima Y, Takagi O, Ruben J, et al. : In vitro remineralization of in vivo and in vitro formed enamel lesions. *Caries Res*, 33:206-213, 1999.
26. Biesbrock AR, Faller RV, Bartizek RD, et al. : Reversal of incipient and radiographic caries through the use of sodium and stannous fluoride dentifrices in a clinical trial. *J Clin Dent*, 9:5-10, 1998.
27. Manning RH, Edgar WM : In situ de- and remineralization of enamel in response to sucrose chewing gum with fluoride or non-fluoride dentifrices. *J Dent*, 26:665-668, 1998.
28. Kieber CJ, Milleman JL, Davidson KR, et al. : Treatment of orthodontic white spot lesions with a remineralizing dentifrices applied by toothbrushing or mouth trays. *J Clin Dent*, 10:44-49, 1999.
29. Thompson A, Grant LP, Tanzer JM : Model for assessment of carious lesion remineralization, and remineralization by a novel toothpaste. *J Clin Dent*, 10:34-39, 1999.
30. Munoz CA, Feller R, Haglund A, et al. : Strengthening of tooth enamel by a remineralizing toothpaste after exposure to an acidic soft drink. *J Clin Dent*, 10:17-21, 1999.
31. Attin T, Zirkel C, Hellwig E : Brushing abrasion of eroded dentin after application of sodium fluoride solution. *Caries Res*, 32:344-350, 1997.
32. Featherstone JD : Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Community Dent Oral Epidemiol*, 27:31-40, 1999.
33. Hellwig E, Lussi A : What is the optimum fluoride concentration needed for the remineralization process? *Caries Res*, 35(Suppl S1):57-59, 2001.
34. Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C : Biological factors in dental caries: role of remineralization and fluoride in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 3). *J Clin Pediatr Dent*, 28:203-214, 2004.
35. Twetman S, Axelsson S, Dahlgren H, et al. : Caries-preventive effect of fluoride toothpaste: a systematic review. *Acta Odontol Scand*, 61:347-355, 2003.

Abstract

EFFECT OF FLUORIDE AND CALCIUM  
ON ENAMEL REMINERALIZATION IN VITRO

Kwang-Hee Lee

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University  
Wonkwang Dental Research Institute*

The purpose of study was to observe the effect of fluoride and calcium on enamel remineralization in vitro. Human premolar enamel specimens were prepared by demineralization in 0.1~1.0% citric acid for 60 minutes. They were remineralized for 6 hours in one of the following solutions : (1) artificial saliva, (2) artificial saliva with 100ppmF, (3) artificial saliva with 1000ppmF, (4) artificial saliva with 1000ppmCa, and (5) artificial saliva with 100ppmF and 1000ppmCa. No significant remineralization was occurred in artificial saliva and artificial saliva with 100ppmF. Significant remineralization was observed in artificial saliva with 1000ppmF at 3 hours, and in artificial saliva with 1000ppmCa and artificial saliva with 100ppmF and 1000ppmCa at 3 and 6 hours(P<0.05). The remineralization effect of artificial saliva with 100ppmF and 1000ppmCa was greater than that of artificial saliva or artificial saliva with 100ppmF. Addition of F to 100ppm or 1000ppm, addition of Ca to 1000ppm, and increasing the concentration of F from 100ppm to 1000ppm did not significantly increase the remineralization.

**Key words** : Dental erosion, Fluoride, calcium, Saliva, Remineralization