

# 인공탈회된 법랑질 표면에 대한 우유와 0.05% 불화나트륨용액의 재광화효과

김권수, 최충호<sup>1</sup>, 김경남<sup>2</sup>, 권호근  
연세대학교 치과대학 예방치과학교실  
<sup>1</sup>순천향대학교 의과대학 치과학교실  
<sup>2</sup>연세대학교 치과대학 치과재료학교실

색인 : 미세경도, 불화나트륨, 우유, 재광화, 치아침식증

## 1. 서 론

치아침식증(dental erosion)은 세균과는 무관하게 화학적 작용에 의해 치아경조직이 탈회되는 현상이다<sup>1)</sup>. 즉 치아우식증은 세균에 의해 형성된 pH 4.5~5.5의 산에 의해 탈회와 재광화의 균형이 깨지면서 치아경조직 표면직하방에서 탈회가 되는 현상(subsurface demineralization)이고, 치아침식증은 이보다 더 탈회능력이 강한 pH 4.5 이하의 산성 환경이나 부식성 화학물질과의 직접적인 접촉에 의하여 치아경조직의 최외각 표면에서부터 일어나는 탈회작용이다<sup>2)</sup>. 치아침식증은 법랑질 표면의 탈회로 시작되나 마모작용이 결합되어 치아경조직의 손실은 가속화되고 상아질이 노출된 후에는 치질손실이

더욱 심해진다.

치아침식증은 부식성 물질과 치아표면의 빈번한 접촉에 의한 것으로, 접촉 경로에 따라 외인성 요인과 내인성 요인으로 나뉜다<sup>3)</sup>. 외인성 요인으로는 식이요인이 영향을 미치는 경우가 많은데 pH 4.0 이하인 대부분의 청량음료나 과일주스, 산성약품 등의 섭취가 흔한 원인이 되고<sup>4)</sup>, 특히 당분까지 함유되어 있는 산성식품의 경우 치아침식증과 함께 치아우식증의 위험성도 크다. 가장 뚜렷이 문제가 되는 외인성요인은 산을 다루거나 산성환경에서 일하는 축전지제조공장, 화학약품공장, 도금 또는 산업용 공정 근로자에 있어서 작업환경 중에 포함된 산의 증기나 분무상(mist)과 치아의 접촉이 일어나는 경우를 들 수 있다<sup>5)</sup>. 치아침식증의 내인성 요인은 위

장관계질환이나 신경정신계질환, 대사성질환, 내분비질환 등으로 인해 위산의 역류가 유발되는 경우로 이런 질환들의 유병률은 높지 않으나 위산에 의한 심각한 치아손상을 초래할 수 있다<sup>9,10</sup>. 특히 타액분비량이나 타액완충능이 저하된 경우에는 정상적인 타액의 방어능력과 재광화작용이 결핍되어 있어 더욱 특별한 주의가 필요하다<sup>11</sup>.

Sognaes 등<sup>12</sup>이 미국 남부캘리포니아에서 발견된 10,000개의 치아들 중 18%가 치아침식증에 이환되었음을 발표한 바 있고, Xhonga와 Valdmanis<sup>13</sup>는 로스엔젤레스와 보스턴에서 14세 부터 80세 까지의 내원 환자 527명 가운데 25%에서 치아침식증이 관찰되었다고 하였다. 스위스에서 393명을 대상으로 한 연구에서 장년층의 42.6%가 치아침식증에 이환되어 있었고 감귤류 등의 과일섭취와 뚜렷한 연관성이 관찰되었다<sup>14</sup>. 직업적으로 산에 노출된 근로자들을 대상으로 한 연구에서는 치아침식증의 유병률은 20%에서 63%까지 높게 나타났으며 산을 사용하지 않는 대조군에 비해 치아침식증 이환률과 이환정도가 뚜렷이 높았다<sup>8,15,16</sup>. 각 연구마다 치아침식증의 진단에 사용된 기준과 대상, 조사된 상황 등이 다르므로 이런 결과들이 절대적인 비교기준이 되는 것은 아니지만, 조사된 유병률로 미루어 이환정도는 상당히 높음을 알 수 있다. 특히 산취급근로자들의 경우 확실한 고위험요인과 접하고 있고 이부분에 대한 정보의 부족으로 인해 무방비로 노출될 가능성이 커서 심각한 치아의 손상이 우려된다.

치아침식증은 치아와 산의 빈번한 접촉에 의해 누적적으로 진행된다는 점을 고려할 때에 자주 재광화처치를 해줌으로써 탈회에 의한 치아손상의 악화를 방지할 수 있는 효과적이고 편리한 예방법이 필요하다고 할 수 있다<sup>17</sup>. 침식에 대해 치아를 보호하는 요인으로 일차적인 것은 가장 장시간 치아에 접촉되는 타액의 작용으로, 타액분비율, 타액완충능, 타액내의 무기질 함량, 획득피막을 형성하는 유기성분 등

이 치아침식증의 억제에 영향을 미친다<sup>11,18</sup>. 그 다음으로 널리 알려진 것은 불소인데, 고농도이거나 장기간 불소처치를 한 경우에서 예방효과가 확인되었다<sup>19,20</sup>. 또한 우유나 치즈 등 유제품의 경우, 단백질과 지질 등 유기질과 칼슘, 인 등 무기질이 매우 풍부하게 함유되어 있어 침식증으로부터 치아를 보호할 가능성이 제기되어 왔고<sup>21,22</sup>, 항우식작용에 대한 연구도 있었다<sup>23</sup>. 우유는 가장 일반적으로 섭취하는 식품 중 하나이지만 우유의 재광화효과에 대한 연구는 상대적으로 적다고 할 수 있다. 치아침식증에 대해서는 콜라로 침식시킨 법랑질 시편이 부착된 가철성장치를 구강내에 장착하고 1시간 동안 우유로 양치를 한 경우에 유의하게 경도가 증가했다는 실험연구(*in situ model*)가 시행된 바 있다<sup>24</sup>. 결국 법랑질 침식증에 대한 재광화효과에 있어서 현재까지 널리 연구되고 확인된 것은 타액과 불소의 작용이고, 우유의 재광화효과에 대한 연구는 많지 않다<sup>17,24,25</sup>. 불소의 적용이 치아의 재광화에 효과적이라는 사실은 알려져 있지만 약물로서 적용된다는 한계로 인해 일상적으로 널리 이용되지는 못했다는 점을 고려할 때, 일반적으로 쉽게 접할 수 있는 우유가 좋은 영양공급원으로서의 역할 외에 침식으로 손상된 치아표면의 회복과 보호에 효과가 있는지를 확인하는 것은 이 분야에서 중요한 의미를 갖는다고 생각된다.

이에 본 연구에서는 인공적으로 침식시킨 사람치아의 법랑질 표면을 자극성타액과 0.05% 불화나트륨용액, 우유로 각각 처리하여 재광화효과를 비교하고, 다시 이 표본들을 타액에 장시간 침적하여 재광화시킨 결과를 함께 비교분석하여 우유의 재광화효과를 확인하고자 한다.

Table 1. Composition of ordinary liquid cow's milk used in the experiment\*

Constituent	Contents per 100 g of milk
Total Solids	11.8 g
Solids Non Fat	8.31 g
Fat	3.50 g
Protein	3.01 g
Carbohydrate	4.62 g
Ash	0.68 g
Calcium	103.5 mg
Iron	0.1 mg
Vitamin A	150.2 IU
Vitamin B <sub>1</sub>	0.04 mg
Sodium	61.2 mg

\*Data from The Laboratory of Quality Development, Yonsei Dairy<sup>®</sup>, Korea.

## 2. 연구재료 및 방법

### 2.1. 연구재료

#### 2.1.1. 표본치아의 선정

본 실험에 사용한 치아는 교정치료를 목적으로 발거된 소구치로서 육안으로 관찰하여 법랑질형성부전이나 치아우식증, 치아마모증 등의 표면손상이 없이 법랑질 표면이 건전한 치아를 선택하였다.

#### 2.1.2. 법랑질 표면의 인공탈회용액

인공탈회용액으로는 구연산(citric acid, Amresco, Solon, Ohio, USA)을 이용하여 pH 2.79인 0.1%(w/v) 용액을 제조하여 사용하였다.

#### 2.1.3. 재광화실험용액

재광화실험용액은 건강한 성인에게서 채취한 자극성타액(타액처치군), 0.05% 불화나트륨용액(불소처치군 I, II), 시판되는 액상우유(우유처치군) 등 3가지를 이용하였다.

자극성타액은 건강한 20대 남녀 성인 12명에게서 수집하여 혼합하였다. 타액제공자들은 점심식사 후 불소가 들어있지 않은 치약으로 칫솔질을 하도록 하

여 타액내 불소에 의한 영향을 배제하였고, 1시간이 경과한 후에 paraffin wax를 씹으면서 자극성타액을 시험관에 채취하였다. 수집된 타액의 pH는 8.16이었다.

불소용액양치법 중 매일 사용하도록 널리 권장되는 것은 0.05%(w/v) 불화나트륨용액으로 1분간 양치하는 방법이므로 이에 해당하는 불소용액을 재광화실험용액으로 선택하여 제조하였다.

우유는 시판되고 있는 액상우유(연세우유<sup>®</sup>, 연세유업, 서울)를 사용하였으며 조성은 Table 1과 같다.

### 2.2. 연구방법

#### 2.2.1. 법랑질 시편의 제작

순면에 평활한 부분이 있는 소구치들을 선별하여 pumice로 표면세마를 시행하고, 백악법랑경계를 절단하여 치근부를 제거하였다. 치관부는 근원심으로 절단하여 협측과 설측으로 분리한 후, 다시 협면을 치관 장축 방향으로 절단하였다. 선별된 치아시편은 물로 씻고 dry air로 건조시킨 후, 평활한 면에 접착테이프와 nail varnish를 이용하여 직경 3 mm 정도의 원형 노출면을 형성하고 나머지 부분은 모두 unsaturated polyester resin(Polycoat<sup>®</sup>, Aekyung Chemical Co., LTD., Seoul, Korea)에 잠기도록 포매하여 원기둥 형태의 법랑질 표본으로 제작하였다. 제작된 표본의 법랑질 노출면을 경도측정이 가능하도록 평평하게 만들고 표면상태를 표준화하기 위하여, 물을 뿌리면서 Polisher(Ecomet III<sup>®</sup> Grinder, Buehler<sup>®</sup>, Lake Bluff, Illinois, USA)를 이용하여 #1000, #1200 carbide paper로 차례로 연마하고, 0.05 µm gamma alumina와 polishing cloth로 최종 연마를 시행하여 법랑질 표본을 완성하였고, 법랑질 표본은 한 치아에서 총 4개씩을 제작해서 4개의 처치군에 동일한 치아에서 제작된 표본을 하나씩 배정하였다.

### 2.2.2. 연구방법

법랑질 표본을 준비된 인공탈회용액에 10분간 침적하여 표면을 침식시켜서 표면침식을 유발한 후 4가지 처치군에 12개 건전 소구치에서 제작된 총 48개의 법랑질 표본을 12개씩 배정하였다.

타액처치군은 수집한 자극성타액으로 30분간, 불소처치군 I 은 0.05% 불화나트륨용액으로 2분간, 불소처치군 II는 30분간, 우유처치군은 액상우유로 30분간 처치하였는데, 재광화실험용액 중 일부 성분의 침전을 방지하기 위해 전자교반기(Laboratory hot plate/stirrer PC-420®, Corning, New York, USA)로 서서히 교반하며 시행하였으며, 처치 후 표면의 재광화정도를 확인하였다. 그 다음 모든 시편을 교반 중인 자극성타액에 침적하여 3시간과 6시간 경과후 각각 재광화정도를 측정함으로써 생리적인 재광화 과정을 모사하였다.

모든 단계에서 정해진 처치를 시행한 후에는 흐르는 수돗물로 3분간 수세하고 다시 증류수로 3분간 수세하여 유기물 침착에 의한 왜곡을 줄이고자 하였다.

### 2.2.3. 법랑질 표본의 표면미세경도 측정

법랑질 표본의 표면미세경도는 미세경도측정기(DMH-2®, Matsuzawa Seiki Co., LTD., Tokyo, Japan)로 법랑질 노출면에 수직되도록 300 g의 하중을 15초간 가하여 측정하였다.

법랑질 표본당 4부위의 경도를 측정하기 위해 지름 3 mm의 노출면에 원의 중앙을 가로지르는 선을 표시하였다. 측정에 기준이 되는 네 부위는 이 원의 중심을 기준으로 점대칭이 되는 정사각형의 꼭지점에 해당되는 부위로 정하였고 4부위간 거리는 서로 1.0 mm 이상이 되도록 설정하였다. 또한 1차 측정부터 5차 측정까지의 Vicker's diamond 압편 부위는 서로 200 μm 거리 이내에 있도록 하여 법랑질 표면에서 발생할 수 있는 부위간 오차를 최소화하였다.

표면미세경도의 측정은 최초 표본완성 후, 인공침식 처치 후, 재광화실험용액 처치 후, 자극성타액에 침적시켜 3시간과 6시간 경과 후 등 5차례에 걸쳐 시행하였다.

### 2.3. 결과분석

측정된 자료들은 SAS 6.12(SAS institute Inc., Cary, USA) 통계 패키지를 이용하여 분석하였다.

최초의 건전한 표본과 인공탈회한 표본의 표면 등 각 단계에서의 경도 및 처치전후의 경도변화량에 대해 세 군 간의 비교는 Kruskal-Wallis 검정을 시행하였으며, 각 단계별로 처치를 시행한 후의 경도변화가 유의한 것인지 검정하기 위해 Wilcoxon 부호순위 검정을 시행하였다.

## 3. 연구성적

### 3.1. 재광화실험용액 처치에 의한 효과

표면을 침식시킬 표본들의 최초의 표면경도에 있어서 네 군 사이에 유의한 차이는 없었다(Table 2). 법랑질 표본을 침식시킨 후 각 군의 표면경도에 있어서도 네 군이 차이가 없었고, 네 군 모두 법랑질 침식후 표면경도가 크게 감소하였다( $p < 0.01$ , Table 2).

표면침식 후 네가지 재광화처치를 한 결과 타액처치군과 불소처치군 I 은 법랑질 표면의 미세경도 중앙값이 각각 303.9와 306.0으로 재광화처치 전과 비교하여 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 불소처치군 II는 308.5로 다소 증가하였고( $p < 0.05$ , Table 2, Figure 1) 우유처치군은 경도가 324.4로 뚜렷이 증가하였다( $p < 0.01$ , Table 2, Figure 1). 경도 증가량은 우유처치군이 22.1로서 다른 처치군들보다 현저히 컸다( $p < 0.01$ , Table 3, Figure 2).

Table 2. Microhardness of the enamel slabs exposed to the experimental solutions using Vicker's Hardness Number (VHN)

		Stimulated saliva	0.05% NaF Sol. 2 min.	0.05% NaF Sol. 30 min.	Cow's milk	p-value
Step I	Median	377.0	380.3	379.3	379.8	NS
	Range	358.9~385.9** <sup>a</sup>	355.2~391.1** <sup>a</sup>	360.7~394.3** <sup>a</sup>	363.7~396.0** <sup>a</sup>	
Step II	Median	300.7	305.2	303.1	301.2	NS
	Range	281.1~317.7	281.9~322.6	283.6~320.2** <sup>a</sup>	286.6~326.2** <sup>a</sup>	
Step III	Median	303.9	306.0	308.5	324.4	** <sup>b</sup>
	Range	291.0~318.4** <sup>a</sup>	285.2~323.4** <sup>a</sup>	292.2~329.8** <sup>a</sup>	301.7~347.4** <sup>a</sup>	
Step IV	Median	320.5	320.7	321.8	332.6	** <sup>b</sup>
	Range	308.9~323.7** <sup>a</sup>	294.4~336.6** <sup>a</sup>	205.5~342.6** <sup>a</sup>	313.0~354.0** <sup>a</sup>	
Step V	Median	326.4	329.2	334.03	343.6	** <sup>b</sup>
	Range	315.8~336.2	306.6~341.8	316.6~345.8	329.2~357.7	

Step I : Baseline enamel  
 Step II : Softened enamel  
 Step III : Rehardened enamel  
 (Stimulated saliva 30 min, 0.05% NaF solution 2 min & 30 min, Cow's milk 30 min)  
 Step IV : Physiologically rehardened enamel(Stimulated saliva 3 hours)  
 Step V : Physiologically rehardened enamel(Stimulated saliva 6 hours)

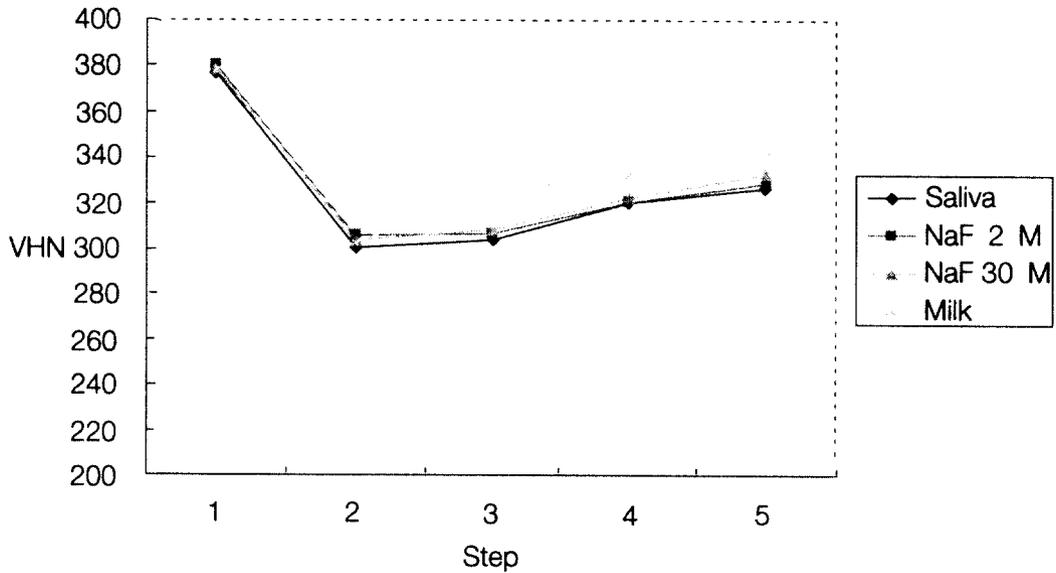
ND not determined  
 \* Statistically significant p < 0.05  
 \*\* Statistically significant p < 0.01  
 a : Wilcoxon signed rank test  
 b : Kruskal-Wallis test

Table 3. Microhardness changes of the enamel slabs in each step using Vicker's Hardness Number(VHN)

	Stimulated saliva		0.05% NaF Sol. 2 min		0.05% NaF Sol. 30 min		Cow's milk		p-value
	Median	Range	Median	Range	Median	Range	Median	Range	
Between I · II	-77.6	-92.3~-56.5	-72.8	-92.6~-53.3	-74.2	-97.1~-58.7	-72.2	-101.4~-62.9	NS
Between II · III	3.3	-4.3~20.2	3.2	-3.1~12.5	7.3	-4.6~15.9	22.1#	2.0~33.5	**K
Between III · IV	15.3	4.2~19.9	12.3	6.0~20.0	13.2	5.4~22.8	9.1	4.8~27.9	NS
Between IV · V	6.9	2.3~18.3	10.5	2.6~13.1	8.5	3.2~16.5	10.5	3.8~16.3	NS
Between II · IV	17.5	6.0~40.1	15.1	8.2~27.5	20.3	9.7~33.4	31.9#	12.6~44.1	**K
Between II · V	26.6	9.8~44.0	25.1	16.6~37.3	27.9	19.6~41.7	42.2#	27.0~59.8	**K

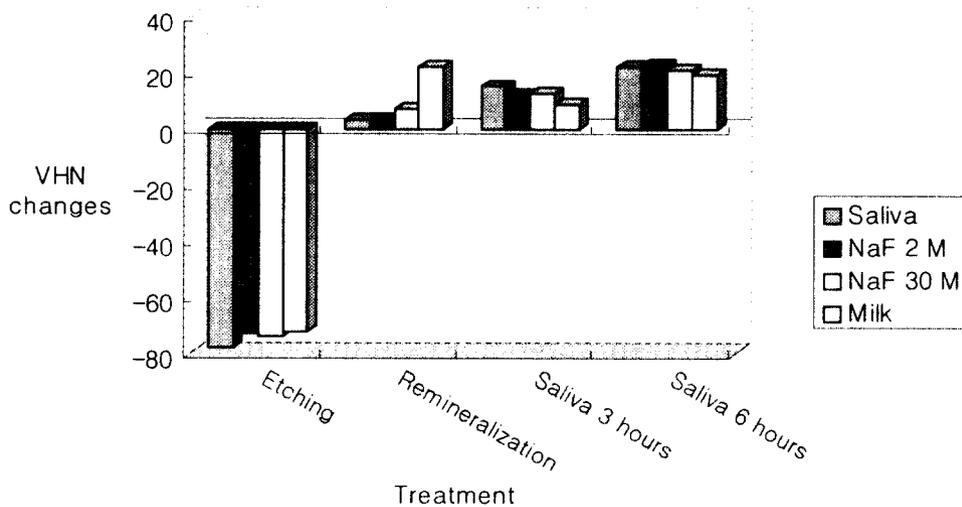
Step I : Baseline enamel  
 Step II : Softened enamel  
 Step III : Rehardened enamel  
 (Stimulated saliva 30 min, 0.05% NaF solution 2 min & 30 min, Cow's milk 30 min)  
 Step IV : Physiologically rehardened enamel(Stimulated saliva 3 hours)  
 Step V : Physiologically rehardened enamel(Stimulated saliva 6 hours)

ND not determined  
 # Significantly high value among groups  
 \*\* Statistically significant p < 0.01  
 K : Kruskal-Wallis test



- Step 1 : Baseline enamel
- Step 2 : Softened enamel
- Step 3 : Rehardened enamel  
(Stimulated saliva 30 min, 0.05% NaF solution 2 min & 30 min, Cow's milk 30 min)
- Step 4 : Physiologically rehardened enamel(Stimulated saliva 3 hours)
- Step 5 : Physiologically rehardened enamel(Stimulated saliva 6 hours)

Figure 1. Microhardness of the enamel slabs exposed to the experimental solutions using Vicker's Hardness Number(VHN).



- Etching : 0.1%(w/v) Citric acid, 10 min
- Remineralization : Stimulated saliva 30 min, 0.05% NaF solution 2 min & 30 min, Cow's milk 30 min
- Saliva 3 hours : Stimulated saliva, 3 hours
- Saliva 6 hours : Stimulated saliva, 6 hours

Figure 2. Microhardness changes of the enamel slabs in each step using Vicker's Hardness Number(VHN).

### 3.2. 자극성타액에 의한 생리적 재광화효과

침식된 법랑질 표본을 재광화실험용액으로 처치한 후 동일한 자극성타액에 3시간 동안 침적시킨 결과, 타액처치군, 불소처치군 I 과 II, 우유처치군에서 경도증가량은 각각 15.3, 12.3, 13.2, 9.1로 처치군간에 차이가 없이 모두 유의한 경도증가를 보였다 ( $p < 0.01$ , Table 2, Table 3). 그러나 표면경도는 중앙값이 각각 320.5, 320.7, 321.8, 332.6으로 전단계에서 경도증가가 월등했던 우유처치군이 여전히 다른 군에 비해 경도가 높았다( $p < 0.01$ , Table 2, Figure 1). 또한 3시간 동안 자극성타액으로 처치한 후의 경도증가량은 앞서서 우유로 30분간 처치한 경우의 증가량보다 더 작았다( $p < 0.05$ , Table 3, Figure 2).

자극성타액에 6시간 처치한 후의 경도를 측정된 결과, 타액처치군, 불소처치군 I 과 II, 우유처치군에서의 경도증가량은 22.2, 22.8, 20.3, 19.6으로 모두 유의하였고( $p < 0.01$ , Table 2) 네 군간에는 차이가 없었으나(Table 3), 6시간 동안 처치하고난 후의 최종 표면경도는 각각 326.4, 329.2, 334.3, 343.6으로 우유로 처치했던 군의 경도가 계속해서 가장 높은 상태로 유지되었다( $p < 0.01$ , Table 2, Figure 1). 자극성타액으로 6시간 동안 처치한 후의 경도증가량은 30분 동안 우유로만 처치한 경우와 유사한 정도였다(Table 3, Figure 2).

## 4. 고 안

치아침식증은 청량음료나 주스 소비의 증가와 더불어 점점 유병률과 심각성이 증가할 것으로 예상되고 직업성으로 산에 노출된 경우도 강산에 의한 치아손상이 우려된다. 국내에서는 최초였던 하주식의 연구<sup>4</sup> 이래 김계종과 김종열<sup>5</sup>, 김영숙 등<sup>6</sup>의 연구를 통해 시판되는 청량음료에 의해 심각한 법랑질 탈회 가 유발될 수 있음이 확인된 바 있고, 최대영과 신승

철의 연구<sup>7</sup>에서 158종의 시판 식음료의 수소이온농도지수를 측정한 결과 우유류를 제외한 대부분이 pH 4.0 이하의 산도를 갖는다는 사실이 확인된 바 있다.

국내에서 치아침식증의 유병률을 조사한 연구로는, 가장 뚜렷이 위험요인에 노출된 집단인 직업성 산취급근로자들을 대상으로 한 연구가 보고된 바 있다. 천용희 등<sup>8</sup>의 연구에서 조사된 산취급근로자의 40% 정도가 치아침식증에 이환되어 있음이 밝혀졌고, 김현덕과 김종배<sup>9</sup>의 연구에서는 유병률이 평균 25.2%였는데 근무연수에 따라 증가하는 양상이었다.

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>25,30</sup>. 법랑질주위의 pH가 4.5 이하인 상태에서 치아침식증이 일어나고, pH가 4.5~5.5에서는 치아우식증이 일어나게 되며, pH가 5.5 이상에서 재광화가 일어날 수 있는 상황이 된다<sup>25</sup>. 즉, 치아 표면의 무기질이 탈회되거나 pH와 관련하여 무기질 결핍상태가 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>30</sup>.

불소를 치아에 적용하는 경우 불소가 탈회된 치면으로 확산되어 치면에서 불화칼슘이 형성되고, 이 불화칼슘은 치아환경에 불소가 유리되도록 하는 저장고(reservoir)로서의 역할을 하므로 불화칼슘의 침착은 영구적이지 못하지만 불소가 반복적으로 적용되는 경우 수산화인회석보다 안정성이 높은 불화수산화인회석(fluorhydroxyapatite)의 형성이 증진되어 보다 지속적으로 불소의 효과를 유지할 수 있다<sup>25</sup>. 이런 식으로 재광화된 법랑질은 자연상태의 법랑질보다 산에 대한 저항성이 더 강해지고, 이러한

효과를 증진시키기 위해서는 자주 불소처치를 해주는 것이 중요하다<sup>31)</sup>. 보다 고농도의 불소용액처치의 경우는 실험실에서의 1회 처치가 법랑질 표면에 직접적인 불소침착을 유발함을 관찰할 수도 있었다<sup>30)</sup>. 본 연구에서는 불소양치액으로 매일 사용하는 농도를 1회 처치한 후의 변화를 비교하고자 하는 것이었으므로 불소의 반복 적용에 의한 증진효과나 장기간의 효과를 알아보는 것이 어려웠고, 불소용액만을 이용한 처치였기 때문에 구강 내에서의 같이 칼슘과 인이 공존하는 상태에서 재광화를 촉진시키는 효과도 기대할 수 없었다. 따라서 실제 구강 내에서 불소양치액을 반복적으로 사용할 때 기대되는 효과보다는 과소평가될 수 있었으나 0.05% 불화나트륨용액을 2분과 30분간 처치하였을 때의 재광화효과는 뚜렷하지 않았다. 이러한 부분은 이후 보다 장기적으로 실제 구강 내에서 적용되는 연구(*in vivo* or *in situ* model)와 산에 대한 저항성까지 알아보는 연구를 통해 보완되어야 하겠다.

우유에는 단백질, 지방과 같은 유기질은 물론 칼슘과 인 등 무기질도 풍부하여, 칼슘 섭취원으로는 가장 많이 이용되는 식품이다<sup>32)</sup>. 우유는 산성 환경에 대해 직접적인 완충작용을 하고, 풍부한 인단백질과 지방이 법랑질 표면에 흡착하여 산에 대한 보호작용을 한다고 알려져 있다<sup>33)</sup>. 대표적인 인단백질염인 카제인(Casein)에는 많은 phosphoserine group이 결합되어 있어서 칼슘이온과 결합하기 쉬우며<sup>34)</sup>, 실험적연구들을 통해서 우유가 법랑질의 용해도를 감소시키고 재광화를 촉진시켜 우식성 식품과 함께 섭취할 경우에도 보호작용을 한다는 사실이 확인되었다<sup>35)</sup>. 유기성분들은 법랑질 표면을 둘러싸서 확산방지막으로서 산에 의한 탈회와 우식에 대한 방어역할을 하게 되는데 이는 타액에서 유기질의 역할과 동일하다.

한편, 치아우식증에 대한 우유의 영향은 우유에 함유된 카제인성분이 법랑질의 표면직하방 탈회를

방지하는 데에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다<sup>33)</sup>. 카제인과 같은 인단백질은 골조직에서도 칼슘과의 친화력과 함께 apatite 성장의 핵으로 작용하여 광화를 돕는 역할을 할 수 있다<sup>30)</sup>.

우유 100 g에 함유된 칼슘의 함량은 100mg이 넘어, 타액의 25배 이상 되고, 인의 함량은 자극성 타액의 10여 배, 비자극성 타액의 3 배에 이르며, 우유에 함유된 단백질의 80%를 차지하는 카제인은 질량의 4%가 인으로 구성이 되어있어서<sup>36)</sup>, 우유는 인간에게 가장 중요한 인과 칼슘 공급원이 되고 있다<sup>32)</sup>. 칼슘의 함량은 모유의 3 배 이상이고, 인과 카제인의 함량도 6 배 이상이 되며, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 등의 함량도 3 배에 이른다<sup>37)</sup>. 이러한 무기질 함량은 칼슘과 인만을 기준으로 보면 기존에 인공적으로 제조되어 연구된 재광화용액들보다도 훨씬 높은 것이다<sup>38,39)</sup>. 우유에 함유된 성분에는 기후 등에 따라 변이가 있으나 이를 감안하더라도 우유는 일상생활 속에서 치아건강과 직접 연관된 무기질성분을 가장 풍부하게 접할 수 있는 식품으로서, 탈회된 법랑질 치면에 대해 재광화용액으로 작용하기에 충분한 무기질을 함유하고 있는 것으로 생각되며 재광화에 미치는 영향은 치아와 직접 접촉하는 빈도와 시간에 비례하여 증가하게 된다<sup>32)</sup>. 그리고 우유의 무기질 및 유기성분의 작용이 타액에서와 동일한 기전으로 재광화에 기여할 수 있지만, 타액에서와는 달리 인단백질이 풍부하게 함유되어있고 불소의 함량은 상대적으로 미미하다. 단, 이러한 이론들은 법랑질 최외각 표면과 연관된 치아침식증의 재광화작용에 적용될 수 있고, 형성기전이 이와 달리 표면직하방 탈회의 과정인 치아우식증의 경우는 재광화가 매우 느리게 일어나게 되므로 효과에는 차이가 있을 수 있다.

본 연구에서 자극성타액이나 0.05% 불화나트륨용액으로 처치한 경우보다 우유로 처치한 경우의 재광화가 더 효과적이었던 것은 우유에 함유된 풍부한 무기질과 인단백질에 의한 무기질 침착효과가 컸기

때문으로 생각된다. 본 연구가 실험실연구였다는 한계가 있기는 하지만, 이전 연구와는 달리 30분간의 우유처리후의 재광화효과를 장시간동안 타액으로 처리한 결과와 비교하였고, 우유처리 후 다시 생리적인 타액환경에서 그 효과가 그대로 누적적으로 나타나는지를 확인하고자 하였다. 실제로 30분 정도의 우유처리로 6시간의 타액처리와 견줄만한 정도의 경도증가를 보였고, 이후 장시간의 타액처리를 하여도 여전히 우유처리군에서의 효과가 다른 군과의 차이를 유지하면서 가장 높은 경도를 나타낸 것으로 보아 우유에 의한 재광화효과는 높게 평가될 수 있다. 그리고 법랑질 표면에 대한 재광화작용에는 무기질의 확산에 의한 역할이 크므로 탈회로 인해 치아 표면에서 무기질이 결핍된 경우에 우유와 같이 칼슘과 인이 풍부한 재광화용액으로 처리하는 것이 치면의 회복에 중요하다는 사실을 확인시켜준 결과이기도 하다. 이는 본 연구에서 무기질 손실이 없는 정상적인 법랑질 표면에 대해서는 우유를 처리하거나 타액에 오랫동안 침적시킨 후에도 경도증가가 나타나지 않았던 것으로 보아도 알 수 있었다.

본 연구에서 우유의 재광화작용을 0.05% 불화나트륨용액과 비교한 이유는 매일 사용하도록 권장되는 농도로서 우유를 매일 섭취하는 경우와 비교가능하다고 생각되었기 때문이었는데, 불화나트륨용액의 경우 단시간의 접촉으로 재광화효과를 확인하기는 어려웠다. 우유의 경우도 실제로 구강 내에서 치아에 30분 동안 접촉되는 경우는 흔하지 않으나 타액에 비해 상대적으로 월등한 재광화효과가 인정되고 식품이라는 특징으로 인해 우유를 섭취하는 방식에 변화를 주어 가능한 한 치아와의 접촉시간을 늘려준다면 치아침식증의 예방과 회복에 도움이 클 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서 3시간과 6시간 동안의 자극성타액처리에서 나온 결과를 보면 타액에 오랜 시간 노출될 경우 경도가 유의하게 증가하기는 하지만 우유에 의한 효과보다 낮으며 더욱이 우유에

의한 재광화효과는 타액의 효과에 누적되어 나타나므로 우유와 치아의 접촉시간과 빈도를 높여준다면, 구강 내에서 타액의 기본적인 보호작용에 부가적으로 효과를 높일 수 있을 것이다.

한편, 유당(lactose) 등 우유에 함유된 탄수화물이 구강 내에서 발효되어 우식을 유발할 가능성에 대한 문제가 제기되어 왔으나, 우유에 의한 pH 저하는 경미하였다<sup>40)</sup>. 또한 우유내의 주요 당분인 유당이 다소 우식가능성이 있긴 하지만 식이성 탄수화물들 중에서 구강 내 pH를 저하시키는 정도가 최소이고 우유에 함유된 그 밖의 여러 요인들의 보호작용이 더 크므로 따로 당분이 첨가되지 않는 한 실질적으로 우유는 우식성식품이 아니라고 결론짓는 것이 일반적이다<sup>2,39)</sup>.

본 연구는 실험실연구이므로 실제로 인간의 구강 내 상황과는 많은 부분 차이가 있을 수 있는데, 구강 내에서는 타액이 지속적으로 새롭게 분비되는 반면 본 연구에서는 수집된 타액을 이용하였고 일상생활 중에 구강 내에서 치아와 주로 접촉되는 것은 비자극성타액이지만 실험이라는 한계로 자극성타액을 사용하였다. 그리고 불화나트륨용액이나 우유 모두 구강 내에서 적용될 때 치대나 타액 내에 어느 정도의 기간동안 잔존하면서 서서히 제거되지만 실험에서는 일정시간을 적용시키고 세척할 수 밖에 없어서 잔존효과는 알아볼 수 없었다. 실제로 타액성분에 있어서는 개인간의 변이가 매우 크므로, 본 연구에서는 침식된 법랑질 표면에 대한 우유의 재광화효과를 보다 표준화된 상태에서 알아보하고자 실험실연구를 이용하였다.

본 연구를 통하여 침식된 법랑질 표면을 우유로 30분간 처리하였을 때, 뚜렷한 재광화효과가 확인되었고, 이는 타액에 의해 3시간 처리한 효과보다도 컸으며 6시간을 처리한 결과와 견줄만한 정도증가였다. 우유는 손쉽게 구할 수 있고 전신건강에도 매우 유익한 식품이라는 장점과 더불어 우유와 치아의

접촉시간을 증가시킬 수 있는 섭취방법이 고안된다면 각종 위험요인에 의해 발생 가능한 치아침식증을 예방하는데 기여할 수 있을 것이다. 그리고 앞으로의 연구에서는 실제 구강 내 실험을 이용하면서도 보다 정확한 측정을 할 수 있고 표준화가 가능한 연구방법이 필요하다고 생각된다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 건전한 소구치의 법랑질 표본을 제작하여 0.1%(w/v) 구연산 용액으로 10분간 침식시킨 경우와 침식시키지 않은 건전한 표본으로 나누어, 자극성타액에 30분, 0.05% 불화나트륨용액에 2분과 30분, 액상우유로 30분간 각각 처리하여 법랑질 표면의 재광화양상을 경도측정을 통해 비교하였다. 다시 이 법랑질 표본들을 자극성타액에 3시간과 6시간 동안 침적하는 생리적인 재광화과정을 거친 후 재광화정도를 비교분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 침식된 법랑질 표면을 네 가지 방법으로 재광화 처리하여 경도의 증가를 비교한 결과, 우유처리군의 경도증가가 가장 컸으며 타액처리군이나 불소처리군보다 약 7 배 정도까지 큰 증가를 보였다( $p < 0.01$ ).
2. 침식된 법랑질 표면을 네 가지 방법으로 재광화 처리한 후, 자극성타액에 3시간과 6시간 동안 침적시킨 결과, 모든 처리군에서 경도가 증가하였으며( $p < 0.01$ ), 네 군 사이에 경도증가량에 있어서는 차이가 없었으나 우유에 의한 재광화효과가 컸던 우유처리군이 지속적으로 가장 높은 표면경도를 유지하였다( $p < 0.01$ ).
3. 침식된 법랑질 표면을 시판되는 액상우유로 30분간 처리한 후의 경도증가량은 3시간 동안 자극성타액으로 처리한 경우보다 컸으며( $p < 0.01$ ), 자극성타액으로 6시간 처리한 후의 경도증가량과

유사한 수준이었다.

이상의 연구 결과로 침식된 법랑질 표면을 30분간 우유로 처리한 후의 재광화효과는 실험에 사용된 다른 처리방법보다 더 높은 경도증가를 나타내어, 우유가 장시간 치아와 접촉될 수 있는 방법을 고안한다면 타액의 기능에 부가적으로 큰 재광화효과를 얻을 수 있을 것으로 생각되었다.

## 참 고 문 헌

1. Eccles JD. Tooth surface loss from abrasion. *Dental Update* 1982;9(7):373-381.
2. Thylstrup A, Fejerskov O. *Textbook of clinical cariology*. 2nd Ed. Copenhagen: Munksgaard; 1994:231-257, 288-299.
3. Järvinen VK, Rytömaa II, Heinonen OP. Risk factors in dental erosion. *J Dent Res* 1991; 70(6):942-947.
4. 하주식. 수종시판 청량음료가 치아표면 법랑질 침식에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 서울:연세대학교 대학원 석사학위논문;1981.
5. 김계종, 김종렬. 수종의 시판음료가 흰쥐의 법랑질 침식에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *대한구강보건학회지* 1988;12(1):13-28.
6. Eccles JD, Jenkins WG. Dental erosion and diet. *J Dent* 1974;2(4):153-159.
7. Ten Bruggen Cate HJ. Dental erosion in industry. *Br J Ind Med* 1968;25(4):249-266.
8. Tuominen ML, Tuominen RJ. Tooth surface loss and associated factors among factory workers in Finland and Tanzania. *Community Dent Health* 1992;9(2):143-150.
9. Allan DN. Dental erosion from vomiting. A case

- report. Br Dent J 1969;126(7):311-312.
10. Scheutzel P. Etiology of dental erosion - intrinsic factors. Eur J Oral Sci 1996;104(2):178-190.
  11. Wöltgens JH, Vingerling P, de Blicck-Hogervorst JM, Bervoets DJ. Enamel erosion and saliva. Clin Prev Dent 1985;7(3):8-10.
  12. Sognnaes RF, Wolcott RB, Xhonga FA. Dental erosion. I. Erosion-like patterns occurring in association with other dental condition. J Am Dent Assoc 1972;84(3):571-576.
  13. Xhonga FA, Valdmanis S. Geographic comparisons of the incidence of dental erosion: a two centre study. J Oral Rehab 1983;10(3):267-277.
  14. Lussi A, Schaffner M, Hotz P, Suter P. Dental erosion in a population of Swiss adults. Community Dent Oral Epidemiol 1991;19(5):286-290.
  15. Gamble J, Jones W, Hancock J, Meckstroth RL. Epidemiological - environmental study of lead acid battery workers. Environ Res 1984;35(1):30-52.
  16. Tuominen ML, Tuominen RJ, Fubusa F, Mgalula N. Tooth surface loss and exposure to organic and inorganic acid fumes in workplace air. Community Dent Oral Epidemiol 1991;19(4):217-220.
  17. Imfeld T. Prevention of progression of dental erosion by professional and individual prophylactic measures. Eur J Oral Sci 1996;104(2):215-220.
  18. Nieuw Amerongen AV, Oderkerk CH, Driessen AA. Role of mucins from human whole saliva in the protection of tooth enamel against demineralization *in vitro*. Caries Res 1987;21(4):297-309.
  19. Xhonga FA, Sognnaes RF. Dental erosion: progress of erosion measured clinically after various fluoride applications. J Am Dent Assoc 1973;87(6):1223-1228.
  20. Duschner H, Götz H, Ogaard B. Fluoride-induced precipitates on enamel surface and subsurface areas visualized by electron microscopy and confocal laser scanning microscopy. Eur J Oral Sci 1997;105(5):466-472.
  21. Gedalia I, Dakuar A, Shapira L, Lewinstein I, Goultshin J, Rahamim, E. Enamel softening with Coca-Cola and rehardening with milk or saliva. Am J Dent 1991;4(3):120-122.
  22. Gedalia I, Ionat-Bendat D, Ben-Moshed, Shapira L. Tooth enamel softening with a cola type drink and rehardening with hard cheese or stimulated saliva *in situ*. J Oral Rehabil 1991;18(6):501-506.
  23. Reynolds EC. The Prevention of sub-surface demineralization of bovine enamel and change in plaque composition by casein in an intra-oral model. J Dent Res 1987;66(6):1120-1127.
  24. Grenby TH. Lessening dental erosive potential by product modification. Eur J Oral Sci 1996;104(2):221-228.
  25. Meurman JH, Ten Cate JM. Pathogenesis and modifying factors of dental erosion. Eur J Oral Sci 1996;104(2):199-206.
  26. 김영숙, 신영림, 송근배, 김영진. 수종의 시판 청량음료에 의한 법랑질 탈회효과. 경북치대 논문집 1992;9(1):1-22.
  27. 최대영, 신승철. 우리나라 시판 식음료의 수소이온농도지수 측정실험. 대한구강보건학회지

- 1996;20(3):399-410.
28. 천용희, 권호근, 문영한, 노재훈. 일부 산(Acid) 취급 근로자의 치아산식증. 예방의학회지 1982; 15(1):83-87.
  29. 김현덕, 김종배. 산취급근로자의 치아부식증에 관한 조사연구. 대한구강보건학회지 1994;18(1) :303-338.
  30. Fejerskov O, Ekstrand J, Burt BA. Fluoride in dentistry. 2nd Ed. Copenhagen: Munksgaard; 1996:88-95, 215-229, 252-272.
  31. Harris NO, Christen AG. Primary preventive dentistry. 4th Ed. Connecticut:Appleton & Lange;1995:193-233.
  32. Nizel AE, Papas AS. Nutrition in clinical dentistry. 3rd Ed. W.B. Philadelphia:Saunders; 1989:188, 219-220.
  33. Reynolds EC, Riley PF, Storey E. Phosphoprotein inhibition of hydroxyapatite dissolution. Calcif Tissue 1982;34(2):52-56.
  34. Lehninger AL. Principles of biochemistry. 3rd Ed. New York: Worth publishers; 1982:121-126, 892.
  35. Bibby BG, Huang CT, Zero D, Mundorff SA, Little MF. Protective effect of milk against *in vitro* caries. J Dent Res 1980;59(10):1565-1570.
  36. Bradley RM. Essentials of oral physiology. St. Louis: Mosby; 1995:165-168.
  37. Orten JM, Neuhous OW. Human biochemistry. 10th Ed. St. Louis: Mosby; 1982:552-558.
  38. Kelly MP, Smith BG. The effect of remineralizing solutions on tooth wear *in vitro*. J Dent 1988;16(3):147-149.
  39. Murray JJ. The prevention of oral disease. 3rd Ed. New York: Oxford University Press; 1996:24-25, 179-181.
  40. Rugg-Gunn AJ, Roberts GJ, Wright WG. Effect of human milk on plaque *in situ* and enamel dissolution *in vitro* compared with bovine milk, lactose and sucrose. Caries Res 1985;19(4):327-334.

Abstract

## Remineralization of eroded enamel surface by milk and 0.05% sodium fluoride solution

Kwon-Soo Kim, Chung-Ho Choi<sup>1</sup>, Kyung-Nam, Kim<sup>2</sup>, Ho-Keun Kwon

*Department of Preventive Dentistry and Public Oral Health, College of Dentistry, Yonsei University*

<sup>1</sup>*Department of Dentistry, College of Medicine, Soonchunhyang University*

<sup>2</sup>*Department of Dental Materials, College of Dentistry, Yonsei University*

**Key words :** dental erosion, milk, remineralization, microhardness, sodium fluoride

Enamel slabs were prepared from sound human premolars which had been extracted for orthodontic treatment and etched with 0.1%(w/v) citric acid. We divided them into four groups to test the effects of the four remineralizing methods. One group were treated with stimulated saliva for 30 minutes, another with 0.05% sodium fluoride solution for 2 minutes, the third with the same solution for 30 minutes and the fourth with ordinary liquid cow's milk for 30 minutes, and the microhardness of them were measured with Vicker's microhardness numbers. Then the whole samples were emulsed in stimulated saliva and the microhardness of them were measured after 3 and 6 hours. The remineralizing effects of the treatments were analysed and the results are as follows.

1. The microhardness increase of eroded enamel surface after the four kinds of remineralizing treatment were compared, and the effect of milk treatment was significantly higher than the effects of other treatments( $p < 0.01$ ).
2. After the remineralizing treatments, whole samples were emulsed in stimulated saliva and microhardness of them were measured. The increase of microhardness in the four groups were all significant after 3 and 6 hours( $p < 0.01$ ). The microhardness increase of the groups in this step were statistically not different, but the microhardness number of the milk treatment group was the highest among the four groups like before( $p < 0.01$ ) because the remineralizing effect of the milk treatment was maintained.

It is concluded that the 30 minutes of milk treatment has significantly higher remineralization effect on eroded enamel surface than the other treatments used in this study, saliva or 0.05% sodium fluoride

solution. Therefore, if the methods that milk can be contact with enamel surface as long as possible would be developed, remineralization effect of the milk can efficiently support the salivary function.