

산성 음료수에 의한 법랑질 침식과 구강내 재경화에 관한 연구

서울대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치학연구소

김 정 욱

Abstract

A STUDY ON THE ENAMEL EROSION CAUSED BY ACIDIC BEVERAGE AND REHARDENING BY INTRAORAL EXPOSURE

Jung-Wook, Kim, D.D.S., M.S.D.

*Department of Pediatric Dentistry and Dental Research Institute
College of Dentistry, Seoul National University*

There are many concerns about the erosive effect of acidic beverage. In this study, the erosive effect of bovine enamel caused by Pepsi-Cola® (pH 2.41) and rehardening effect by intraoral exposure were determined by microhardness test and SEM. The bovine enamel specimen was imbedded in 100ml Pepsi-Cola® during 5 minutes and exposed to the intraoral environment with removable resin plate. The microhardness test was performed after 1 hr, 24 hrs, and 48 hrs. The results obtained from this study can be summarized as follows:

1. The microhardness value was significantly ($p < 0.05$) reduced by cola beverage, and significantly ($p < 0.05$) increased after 1 hr and 24 hrs respectively.
2. The difference in the microhardness between 24 hrs group and 48 hrs group was not significant ($p > 0.05$) and microhardness value of 48 hrs group was significantly less than that of initial group ($p < 0.05$).
3. The erosive effect of cola beverage and remineralization effect by intraoral exposure were visualized by the SEM photo. But, the enamel surfaces did not return to their original state.

Key words : beverage, enamel, erosion, rehardening

I. 서 론

치아가 닳는 과정(wearing)은 전통적으로 교모(attrition), 마모(abrasion) 그리고 침식(erosion)의 3가지로 분류되지만, 어느 하나에만 전적으로 의존하는 것이 아니라 여러 요인이 복합적으로 작용하여 나타나는 결과이다. 특히 침식으로 약화된 치질의 경우 교모나 마모 등과 함께 나타나면 심각한 치질의 소실을 야기할 수 있다¹⁾.

치아침식증은 세균과는 무관하게 화학적 작용에 의하여 치아경조직이 소실되는 것으로서, 원반형으로서 넓고 부드럽게 움푹 패어진 형태로 나타나는데 마모증과는 다르게 좌우측 여러 치아에 모두 나타난다²⁾.

보통 외인성 침식의 경우 주로 양측성으로 전치, 견치, 소구치의 치경부 협면에 주로 발생하고, 인접면과 교합면에도 발생할 수 있으나, 내인성 침식의 경우는 치아 설면에 주로 발생하는데 상악전치 절단면이 얇아지고 투명해질 수도 있다. 그러나 침식과정이 다양한 요소에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에 원인을 구분해 내기가 쉽지 않을뿐더러, 병소위치에 의해서 그 원인을 예측하는 것도 항상 신뢰할 수는 없다^{3,4)}.

치아침식증은 치질과괴를 일으키는 원인이 되는 각종 산의 기원에 의해 외인성 침식, 내인성 침식, 그리고 특발성 침식으로 나눌 수 있다⁵⁾. 외인성 침식의 원인으로는 산도가 높은 탄산 식품이나 과일 주스 등의 식이를 통한 것⁶⁾, iron tonics이나 산성 약제에 의한 것^{7,8)}, 산성환경에 직업적으로 노출되어 나타나는 것⁹⁾과 염소소독으로 산성화된 수영장에서 지속적인 수영으로 인한 것¹⁰⁾ 등이 보고되고 있다. 내인성 침식은 구토나 위식도역류(gastroesophageal reflux) 등의 결과로 강한 산성을 띠는 위산이 치아와 접촉함으로써 신경성 식욕부진이나 대식증 등 정신신체적 섭식장애(psychosomatic eating disorder)¹¹⁾나, 위장관 장애^{12,13)}, 만성알콜중독증¹⁴⁾ 등과 연관되어 나타난다. 특발성 침식은 산의 근원을 알 수 없는 경우 즉, 병력청취나 여러 검사 등을 통해서 원인 요인을 설명할 수 없는 경우이다.

현대 사회에 들어서면서 산성음료수, 과일주스 및 스포츠 음료의 다양성과 흔한 소비에 기인하여

치아침식증에 대한 관심이 고조되고 있으며, 특히 특정 식품의 과량섭취나 특이한 섭식행위와 연관된 치아침식증 보고들¹⁵⁻¹⁷⁾과 함께 전체적인 유병율이 증가된다¹⁸⁻²⁴⁾고 보고되고 있다.

초기 치아우식에 대한 구강내 재석회화 기전에 관해서는 많은 연구가 이루어져 왔지만, 치아침식, 특히 산에 의한 치아표면의 연화정도가 구강내 상황에서 시간 경과에 따라 어느 정도 회복되는지에 대한 연구는 별로 이루어지지 않았다. 이에 저자는 구강외에서 산성음료수에 연화시킨 법랑질을 구강내에 노출시켜서 그 재경화정도를 평가하여 약간의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

치아 우식이 없고 마모가 적은 소의 견전 전치를 대상치아로 하였고, 이물질을 제거하고 초음파 세척을 시행한 후, 법랑질에 균열이나 파절이 없는 것을 선별하여 사용하였다.

2. 연구방법

1) 시편제작

선택된 우전치를 내경 4mm인 diamond core drill을 사용하여 원형으로 잘라낸 뒤, 직경 7mm의 원통형 아크릴 막대에 만들어진 직경 5mm의 구멍에 투명레진을 이용하여 법랑질 표면이 노출되도록 매몰하여 경화시켰다. 법랑질 표면이 평면이 되고 광택이 나도록 400, 600, 800, 1000, 2000, 4000grit Sic 연마지로 연마하였다. 연마후 시편을 1.5mm정도가 되도록 절단하였다.

2) 처리전 미세경도 측정

미세경도는 Microhardness Tester(Shimadzu Co., Model HMV-2000 No. 33100410, Japan)를 이용하여 50g의 load를 5초간 가하는 조건으로 Vickers' Hardness Number(VHN)를 측정하였다. 측정은 시편 중심부에서 이루어지도록 하였으며 각 시편당 4회의 측정을 시행하여 평균치를 각 시편의 미세경도로 사용하였고, 미세경도 측정결과 측정치가 타표본에 비해 크게 차이가 나는 것은 제외시키고 평균치가 크게 다르지 않은 시편 8개를 최종 선택

하였다.

3) 시편의 처리 및 처리후 미세경도 측정

각 시편을 Pepsi-Cola® 100ml에 5분간 담그었다. 콜라는 치아시편을 담그기 직전에 개봉하였고 즉시 pH를 측정하였다. pH는 pH 전극(ORION™ 8135BN, USA)과 pH 미터(ORION™ 920A, USA)를 이용하여 측정하였다.

콜라에서 꺼낸 시편을 DDW(deionized distilled water)로 세척후 따뜻한 공기로 건조시켰다.

처리전 미세경도측정 방식과 동일하게 시편당 4회씩 측정을 시행하였다.

4) 시편의 구강내 노출

구강내 우식병소가 없고 전신 건강 상태에 이상이 없는 성인 남녀 4명(남3, 여1, 평균 연령:24세 9개월)을 대상으로 상악에 가철성 유지장치를 교정용레진으로 제작한 뒤, 상악 제1대구치 설측 부위에 실험시편이 위치할 만한 공간을 만들었다. 이후 실험시편을 장치당 2개씩 utility wax를 이용하여 고정시킨 뒤 장치를 장착하도록 하였다. 장치를 장착한지 1시간후, 24시간후, 48시간후에 시편을 장치에서 분리하여 DDW로 세척하고 따뜻한 공기로 건조시킨 뒤 미세경도를 이전 미세경도 측정 방식과 동일하게 시편당 4회씩 측정하였다. 측정이 끝난 시편은 장치에 다시 고정시킨 후 장치를 장착하도록 하였다. 각 실험자는 식사시간과 식사후 구강위생시간에는 장치를 100% 습윤 상태에 보관하도록 하였다. 이외에는 계속 장치를 장착하도록 하였으며, 장치장착중에는 물 이외의 어

떤 음식물도 섭취하지 못하도록 하였다.

5) SEM 관찰용 표본

각 실험 단계마다 시편의 가장자리 일정부분에 nail varnish를 도포하였다. 48시간 후 미세경도 측정이 끝난 시편은 아세톤으로 nail varnish를 제거하고, 시편표면의 유기물질을 제거하기 위해 3.5% sodium hypochlorite용액에 12시간 담그어 둔 뒤, 새로운 용액으로 교환하여 30초간 초음파세척하였다. 다시 DDW로 세척한 뒤 건조시키고 금중착후 10KV 전압 하에 주사전자현미경(JEOL JSM-840A, Japan)으로 표면을 관찰하였다.

III. 연구 결과

콜라의 pH는 2.41 ± 0.01 이었다.

각 단계별 미세경도측정치는 Table 1, Fig. 1과 같다. 통계처리 결과(대응 t-test) 24시간 경과군과 48시간 경과군간에는 차이가 없었으나($p > 0.05$), 다른 모든 군간에는 미세경도치가 유의하게 증가 혹은 감소하였다($p < 0.05$).

주사전자현미경 관찰 결과 5분간 콜라에 담근 뒤 법랑질의 탈회양상이 관찰되었는데, 침식에 영향을 많이 받은 부위와 상대적으로 영향을 덜 받은 부위가 불규칙하게 섞여 있는 모습을 보인 경우도 있었다(Fig. 2-7). 구강내 노출후 시간경과에 따라 재석회화되는 양상을 보였으나, 48시간 경과 후에도 원래의 모습으로 회복되지는 못하였다(Fig. 8-11).

Table 1. Microhardness value(VHN)

	microhardness value(VHN)
initial	380.00 ± 12.74
eroded	262.13 ± 20.34
1 hr	299.75 ± 26.86
24 hrs	328.00 ± 18.70
48 hrs	333.50 ± 15.13

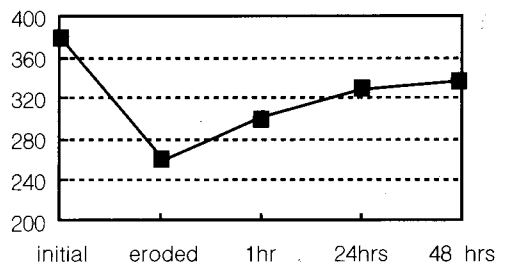


Fig. 1. Microhardness value(VHN)

IV. 총괄 및 고찰

산성과일주스와 음료의 차이에 대한 침식효과에 관해서는 오래전부터 알려졌다. 70년대초 Levine¹⁸⁾은 산성음료소비가 계속 증가한다면 치아침식 발생증가가 임상적으로 더욱 중요해질 것이라고 하였다. 다양한 산성 음료수가 계속 개발되고 흔하게 접할 수 있게 됨으로 인해 그 소비량이 날로 증가하고 있고, 또한 주소비층이 소아 및 청소년이며¹⁹⁾ 이는 우리 나라도 예외는 아닐 것이다.

Xhonga와 Valdmanis²⁰⁾ 미국의 두 도시에서의 연구 결과 약 25%정도의 치아가 침식양상을 보였다고 하였고, Lussi 등²¹⁾은 스위스 성인의 16% 정도에서 협면침식을 보였다고 하였고, 영국에서의 보고들^{22,23)}에 의하면 어린이의 경우 약 25%에서 50%까지 침식이 있었다고 하며, Johansson 등²⁴⁾에 의하면 사우디아라비아에서 성인의 약 28%정도가 침식을 보였다고 하였다. 이들 연구가 측정대상 및 방법에서 차이가 나서 직접적인 비교는 곤란하지만 상당히 높은 유병율을 기록하고 있으며, 특히 어린이의 경우에는 산성 음료수의 섭취빈도 및 소비량이 많고, 법랑질의 구조 또한 성숙되지 못하여 취약하므로¹⁵⁾ 침식경향이 더 높은 것으로 보인다.

치아의 침식을 측정하는 방법에는 전자현미경적 연구²⁵⁾, 미세경도측정방법²⁶⁾, profilometric analysis를 통한 표면의 변화량 관찰²⁷⁾, digital image analysis²⁸⁾, iodide permeability test를 통한 surface porosity의 측정²⁹⁾ 등 다양한 방법이 있다. 이 중 본 실험에서 사용한 미세경도 측정방법은 초기 병소의 탈회량을 간접적으로 측정하는 것으로서 치질표층에서 50 μ m 이내의 깊이에 국한된 변화나 병소의 측정에 유용한 방법으로³⁰⁾ 많은 연구에서 사용되고 있다.

본 실험에서 우치의 법랑질 시편을 사용하였는데, 사람 법랑질과 비교시 건전치질의 경우 미세경도차이가 별로 없으나 인공우식병소의 발생이나 산에 의한 탈회의 영향은 사람의 법랑질보다 더 심한 것으로 보고되고 있다³¹⁾. 또한 산에 대해 저항성이 강한 최외층의 표면이 표본제작과정에서 제거되면 더 쉽게 침식작용이 일어난다고 하였다³²⁾. 따라서 침식의 정도가 실제 구강내의 상황보다 좀 더 크게 나타났을 것으로 사료된다.

본 실험에서 콜라의 pH는 2.41 ± 0.01 로 나타났는데 이는 다른 연구의 측정치²⁶⁾와 유사한 매우 낮은 것으로서 5분간 처리시 상당량의 연화작용을 나타내었으며, 주사전자현미경으로 관찰시 특징적인 침식양상을 나타내면서 침식되지 않은 법랑질 표면과 뚜렷한 차이를 보였다(Fig. 3-5). 또한 시편 중에서는 침식에 영향을 많이 받은 부위와 상대적으로 영향을 덜 받은 부위가 불규칙하게 섞여 있는 모습을 보인 경우도 있었다(Fig. 6, 7).

Meurman과 Frank³²⁾는 aprismatic surface enamel의 경우 심하게 침식된 부위와 덜 침식된 부위가 불규칙하게 관찰되었고, prismatic enamel surface의 경우 초기에는 prism sheath부위만 침식되지만, 더 오래 접촉되면 prism core의 용해가 일어나고 뒤이어 interprismatic area의 용해가 뒤따른다고 하였다. 따라서 치아의 구조적 특성 또한 침식에 영향을 주는 요인중의 하나라고 하였다.

침식작용에 가장 큰 변수로 작용하는 것은 타액으로 알려져 있다³³⁾. 타액은 구강내로 들어온 산을 희석시키며, 연하에 의해 구강내에서 제거시키고, 완충작용에 의해 pH의 하강을 억제하며, 획득피막을 형성하고, 재석회화에 필요한 Ca, P 등을 공급한다. 타액 분비율의 저하는 연하의 필요성을 감소시키고, 따라서 구강내에서 산의 제거가 늦게 되며, 또한 타액내 bicarbonate의 양도 적어서 낮은 pH와 낮은 완충능을 갖게 된다³⁴⁾. 또한 치아표면의 획득피막은 침식에 대해 어느 정도의 보호작용을 나타내는 것으로 보고되었다³⁵⁾. 그러나 2시간동안 형성시킨 획득피막은 침식작용에 별다른 영향이 없었다는 보고²⁷⁾도 있어 이에 대한 연구가 더 필요한 것으로 생각된다.

우식은 법랑질의 표층탈회로 시작되지만, 침식에 의한 초기탈회는 표층하병소의 형성없이 법랑소주 변연부의 연화로 특징지어지며 침식은 근본적으로 표면에서 일어나는 현상이다³⁶⁾.

Davis와 Winter³⁷⁾는 pH 3.5의 포도와 타액 혼합 용액으로 연마법랑질을 45초간 처리후에 0.3 μ m의 치질 소실을 보고하였으나, Attin 등³⁸⁾은 pH 2.91의 산성음료수로 연마 우치 법랑질을 15분간 처리한 후 치질 소실이 평균 75nm에 불과하며 하부의 연화된 법랑질의 두께는 평균 20 μ m였다고 보고하였다. 이런 상반된 결과가 나타나게 된 것이 사용

된 실험재료와 방법에 기인하는 것인지, 아니면 측정방법의 민감도에 의한 것인지에 대해서 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

직접 소실되는 양에 대해서는 연구마다 차이가 있지만, 결국 표면의 일정부분은 침식에 의해 직접 소실되고, 상당량의 연화된 법랑질이 남게 되며 이는 마모에 매우 취약한 부분으로 남게 된다.

ten Cate와 Arends³⁹⁾는 인공우식병소와 산부식 법랑질의 재석회화 실험을 통해 두 경우 모두에서 hydroxyapatite가 침전되었지만, 우식병소의 재석회화 속도는 표층소공(surface layer pore)을 통한 확산에 의해 주로 결정되나, 산부식 법랑질의 경우 전체적인 반응이 실질적인 침전단계(actual precipitation step)에 의해 결정되는 표면조절성이어서 두 경우의 재광화기전은 완전히 다른 것이라고 하였다.

Gedalia 등은 연화법랑질시편을 구강내에서 5분간 자극성타액에 노출시킨 경우⁴⁰⁾와 1시간동안 타액에 노출시킨 경우⁴¹⁾ 모두에서 재경화가 일어났다고($p < 0.05$) 보고했으며, 또 다른 연구⁴²⁾에서는 5분간 자극성타액에 노출시킨 후 재경화가 일어나긴 했지만 유의차가 있지는 않았다고($p = 0.05$) 보고하였다. 반면, Colls 등⁴³⁾은 산부식된 우치 법랑질 시편을 48시간동안 구강내에 노출시킨 후에도 미세경도의 증가가 거의 없었다고 보고하였으며, 그 원인으로 타액으로부터 침전할 수 있는 광물질의 절대량이 매우 작기 때문이며, 따라서 구강내 재석회화가 매우 느리다고 하였다.

Gängler와 Hoyers⁴⁴⁾는 산부식된 시편을 28일간 구강내에 노출시킨 후 주사전자현미경 관찰 결과 재경화가 완벽하게 이루어지지 않았음을 보고했으며, Gedalia 등⁴⁵⁾은 주사전자현미경상에 나타난 균일하게 덮여 있는 듯한 표면은 그 대부분이 광물질이 아니라 유기질일 수도 있다고 하였다.

본 연구에서 침식된 법랑질을 구강내에 노출시킨 후 미세경도가 유의하게 증가했는데 일정시간이 지난 후에는 더 이상의 증가가 관찰되지 않았다. 표면의 유기물질제거후의 주사전자현미경 관찰상에서 시간경과에 따른 무기질의 침착으로 여겨지는 재광화양상이 관찰되었으나 원래의 모습으로는 회복되지 못하였다(Fig. 8-11). 이는 타액에 의한 재경화가 어느 정도까지 이루어진 뒤, 어떤

요인에 의해서 더 이상 진행되지 못하게 됨을 의미하는 것으로 여겨지며 이에 대한 계속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

산성음료의 섭취방법에 대해서, Tahmassebi와 Duggal⁴⁶⁾은 빨대를 사용하여 치아와의 접촉시간을 줄이는 것이 바람직하다고 하였고, 구강내에 산성음료수를 오랫동안 담고 있다거나⁴⁶⁾, 연하전에 치아를 린스하는 것과 연관된 침식증의 보고¹⁷⁾도 있었다. 그러나 빨대를 비정상적으로 사용하여 생긴 심한 치아침식의 보고⁴⁶⁾도 있었으며, 섭취방법보다 섭취빈도가 더욱 중요하다는 지적도 있었다⁴⁷⁾.

치면세균막은 타액보다 완충능이 매우 높다고 알려져 있고, 따라서 실제로 비세균성 산에 대해 치면을 보호할 수도 있다. 치약을 사용해서 잇솔질을 할 때 치면세균막뿐만 아니라 획득피막이 소실되거나 얇아지게 되고 이는 침식에 대한 저항성을 낮추는 결과가 될 것이다. 또한 치면의 초기 탈회하는 타액에 의해서 회복될 수 있는 과정으로 여겨지는데, 만일 산에 의한 침식이 일어난 후 즉각 잇솔질을 한다면 비가역적인 치질의 소실을 야기할 것이다⁴⁸⁾. 따라서, 침식의 위험성이 있는 경우 마모도가 낮은 치약을 사용하는 것이 바람직하겠고, 또한 하루 한 번 치면세균막을 제거하는 것으로도 치주병예방에 충분한 것으로 일반적으로 받아들여지고 있으므로 이것 이외의 구강위생은 불소용액 양치를 통한 불소적용이 바람직하다고 사료되며, 산성음식물 섭취후 불소용액양치 등이 어렵다면 적어도 맹물이라도 양치하는 것이 바람직하리라 여겨진다.

우리가 일상에서 흔히 접할 수 있는 산성 음료수인 콜라에 의해서 연화된 법랑질이 구강내 노출을 통하여 타액에 의해서 어느 정도 재경화가 이루어지지만 원래의 상태로 다시 회복되지는 못하였다. 본 실험에 사용한 콜라뿐만 아니라 대부분의 청량음료나 스포츠음료가 산도가 낮아서 치아 침식을 야기할 수 있는 바, 섭취빈도가 높거나 오랫동안 입안에 잔류시키면서 섭취한다면 임상적으로 간과할 수 없는 상당한 치질의 소실을 야기할 수 있다. 이런 사실에 대한 교육과 홍보가 필요하며, 제조사에서도 침식작용이 적은 음료의 개발이나 다른 대체음료의 개발이 필요하리라 생각된다. 그리고, 본 연구에서는 1 시간, 24 시간, 48

시간이 경과한 후의 미세경도를 측정하였는데 앞으로 좀더 시간간격을 세분화한 연구가 필요할 것으로 생각되며, 표층 법랑질의 소실이 어느 정도이며 또한 불소용액양치나 구강위생방법에 따른 재경화 정도의 평가도 필요하리라 생각된다.

V. 결 론

저자는 건전한 우치 법랑질을 콜라(pH 2.41)에 5분간 담근 뒤 구강내에 1시간, 24시간, 48시간 노출시킨 후 각 단계별로 미세경도측정과 주사전자현미경관찰로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 법랑질을 5분간 콜라로 처리후 미세경도가 유의하게 감소하였으며($p < 0.05$), 구강내 노출 1시간후와 24시간후 모두 유의하게 미세경도가 증가하였다($p < 0.05$).
2. 구강내 노출 24시간후와 48시간후간에는 미세경도의 유의한 차이가 관찰되지 않았으며($p > 0.05$), 48시간경과후에도 처리전과 비교하여 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).
3. 주사전자현미경 관찰 결과 콜라 처리후 법랑질의 침식양상이 관찰되었으며, 시간경과에 따라 광물질침착에 의한 재석회화양상이 관찰되었으나 원래의 모습으로는 회복되지 못하였다.

참고문헌

1. Imfeld T.:Dental erosion, Definition, classification and links. *Eur J Oral Sci*, 104:151-155, 1996
2. 이승우 외, 구강진단학, 고문사, 서울, 393, 1990
3. Chaundhry S. I., Harris J. L., and Challacombe S. J.:Dental erosion in a wine merchant:an occupational hazard? *Br Dent J*, 182:226-228, 1997
4. Järvinen V., Rytömaa I. and Meurman J. H.: Location of dental erosion in a referred population. *Caries Res*, 26:391-396, 1992
5. Johansson A-K., Johansson A., Birkhed D., Omar R., Baghdadi S., Khan N. and Carlsson G. E.:Dental erosion associated with soft-drink consumption in young Saudi men. *Acta Odontol Scand*, 55:390-397, 1997
6. Grobler S. R., Senekal P. J. C., and Laubscher J. A.:In vitro demineralization of enamel by orange juice, apple juice, Pepsi cola and diet Pepsi cola. *Clinical preventive Dent*, 12:5-9, 1990
7. Meurman J. H. and Murtomaa H.:Effect of effervescent vitamin C preparations on bovine teeth and clinical and salivary parameters in man. *Scand J Dent Res*, 9:495-499, 1986
8. James P. M. C. and Parfitt G. J.:Local effects of medicaments on the teeth. *Br Med J*, 2:1252-1253, 1953
9. Petersen P. E. and Gormsen C.:Oral conditions among German battery factory workers. *Community Dent Oral Epidemiol*, 19:104-106, 1991
10. Centerwall B. S., Armstrong C. W., Funkhouser L. and Elzay R.:Erosion of dental enamel among competitive swimmers at a gas-chlorinated swimming pool. *Am J Epidemiol*, 123:641-647, 1986
11. Clark C:Oral complications of anorexia nervosa and/or bulimia with a review of the literature. *J Oral Med*, 40:134-138, 1985
12. Schroeder P. L., Filler S. J., Ramirez B., Lazarchik D. A., Vaezi M. F., and Richter J. E.:Dental erosion and acid reflux disease. *Ann Intern Med*, 122:809-815, 1995
13. Meurman J. H., Toskala J., Nuutinen P., and Klemetti E.:Oral and dental manifestation in gastroesophageal reflux disease. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 78:583-589, 1994
14. Robb N. D. and Smith B. G. N.:Prevalence of pathological tooth wear in patients with chronic alcoholism. *Br Dent J*, 169:267-269, 1990
15. Asher C. and Read M. J. F.:Early enamel erosion in children associated with the excessive consumption of citric acid. *Br Dent J*, 162:384-387, 1987
16. High A. S.:An unusual pattern of dental erosion. *Br Dent J*, 143:403-404, 1977
17. Harrison J. L. and Roeder L. B.:Dental erosion caused by cola beverages. *Gen Dent*, 39:23-24, 1991

18. Levine R. S.:Fruit juice erosion-an increasing danger? *J Dent*, 2:85-88, 1974
19. Shaw L. and Smith A.:Erosion in children:An increasing clinical problem? *Dent Update*, 21:103-106, 1994
20. Xhonga F. A. and Valdmanis S.:Geographic comparisons of the incidence of dental erosion:a two centre study. *J Oral Rehabilitation*, 10:269-277, 1983
21. Lussi A., Schaffner M., Hotz P. and Suter P.:Dental erosion in a population of Swiss adults. *Community Dent Oral Epidemiol*, 19:286-290, 1991
22. Millward A., Shaw L. and Smith A.:Dental erosion in four-year-old children from differing socioeconomic backgrounds. *J Dent Child*, 61:263-266, 1994
23. Milosevic A., Young P. J. and Lennon M. A.:The prevalence of tooth wear in 14-year-old school children in Liverpool. *Comm Dent Health*, 11:83-86, 1993
24. Johansson A-K., Johansson A., Birkhed D., Omar R., Baghdadi S. and Carlsson G. E.:Dental erosion, soft-drink intake, and oral health in young Saudi men, and the development of a system for assessing erosive anterior tooth wear. *Acta Odontol Scand*, 54:369-378, 1996
25. Meurman J. H., Härkönen M., Näveri H., Koskinen J., Torkko H., Rytömaa I., Järvinen V. and Turunen R.:Experimental sports drinks with minimal dental erosion effect. *Scand J Dent Res*, 98:120-128, 1990
26. 장기택:수중 음료수의 법랑질과 상아질 침식에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 24:719-726, 1997
27. Rytömaa I., Meurman J. H., Koskinen J., Laakso T., Gharazi L. and Turunen R.:In vitro erosion of bovine enamel caused by acidic drinks and other foodstuffs. *Scand J Dent Res*, 96:324-333, 1988
28. Mistry M. and Grenby T. H.:Erosion by soft drinks of rat molar teeth assessed by digital image analysis. *Caries Res*, 27:21-25, 1993
29. Lussi A., Jäggi T. and Schärer S.:The influence of different factors on in vitro enamel erosion. *Caries Res*, 27:387-393, 1993
30. Featherstone J. D. B.:Consensus conference on intra-oral models:Evaluation techniques. *J Dent Res*, 71(Spec Iss):955-956, 1992
31. Featherstone J. D. B. and Mellberg J. R.:Relative rates of progress of artificial carious lesions in bovine, ovine and human enamel. *Caries Res*, 15:109-114, 1981
32. Meurman J. H. and Frank R. M.:Progressive and surface ultrastructure of in vitro caused erosive lesions in human and bovine enamel. *Caries Res*, 25:81-87, 1991
33. Zero D. T.:Etiology of dental erosion-extrinsic factors. *Eur J Oral Sci*, 104:162-177, 1996
34. Wöltgens J. H. M., Vingergling P., de Blicke-Hogervorst J. M. A., and Bervoets D.:Enamel erosion and saliva. *Clinical preventive Dent*, 7:8-10, 1985
35. Meurman J. H. and Frank R. M.:Scanning electron microscopic study of the effect of salivary pellicle on enamel erosion. *Caries Res*, 25:1-6, 1991
36. Meurman J. H. and ten Cate J. M.:Pathogenesis and modifying factors of dental erosion. *Eur J Oral Sci*, 104:199-206, 1996
37. Davis W. B. and Winter P. J.:The effect of abrasion on enamel and dentine after exposure to dietary acid. *Br Dent J*, 148:253-256, 1980
38. Attin T., Koidl U., Buchalla W., Schaller H. G., Kielbassa A. M. and Hellwig E.:Correlation of microhardness and wear in differently eroded bovine dental enamel. *Archs Oral Biol*, 42:243-250, 1997
39. ten Cate J. M. and Arends J.:Remineralization of artificial enamel lesions in vitro II. Determination of activation energy and reaction order. *Caries Res*, 12:213-222, 1978
40. Gedalia I., Araf A. M., and Lewinstein I.:Enamel rehardening by bread consumption. *Am J Dent*, 8:27-28, 1995

41. Gedalia I., Dakuar A., Shapira L., Lewinstein I., Goultshin J. and Rahamin E., Enamel softening with Coca-cola and rehardening with milk or saliva. *Am J Dent*, 4:120-122, 1991
42. Gedalia I., Ionat-Bendat D., Ben-Mosheh S. and Shapira L.:Tooth enamel softening with a cola type drink and rehardening with hard cheese or stimulated saliva in situ. *J Oral Rehabilitation*, 18:501-506, 1991
43. Collys K., Cleymaet R., Coomans D., Michotte Y. and Slop D.:Rehardening of surface softened and surface etched enamel in vitro and by intraoral exposure. *Caries Res*, 27:15-20, 1993
44. Gängler P. and Hoyer I.:In vivo remineralization of etched human and rat enamel. *Caries Res*, 18:336-343, 1984
45. Tahmassebi J. F. and Duggal M. S.:The effect of different methods of drinking on the pH of dental plaque in vivo. *Int J Paediatric Dent*, 7:249-254, 1997
46. Mackie J. C. and Hobson P.:Case reports:Dental erosion associated with unusual drinking habits in childhood. *J Paediatric Dent*, 2:89-94, 1986
47. Smith A. J. and Shaw L.:Dental erosion. *Br Dent J*, 178:207, 1995
48. Kuroiwa M., Kodaka T. and Kuroiwa M.: Microstructural changes of human enamel surfaces by brushing with and without dentifrice containing abrasive. *Caries Res*, 27:1-8, 1993

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 2. Initial enamel surface (X2000)
- Fig. 3. Initial and eroded enamel surface (X1000)
- Fig. 4. Eroded enamel surface-prism core dissolution (X2000)
- Fig. 5. Eroded enamel surface-prism periphery dissolution (X2000)
- Fig. 6. Eroded enamel surface-irregular pattern (X1000)
- Fig. 7. Eroded enamel surface-irregular pattern (X2000)
- Fig. 8. Remineralized enamel surface after 1 hr and 48 hrs (X2000)
- Fig. 9. Remineralized enamel surface after 48 hrs (X2000)
- Fig. 10. Initial and remineralized enamel surface after 48 hrs (X1000)
- Fig. 11. Initial, eroded and remineralized enamel surface after 48 hrs (X1000)

사진부도 ①

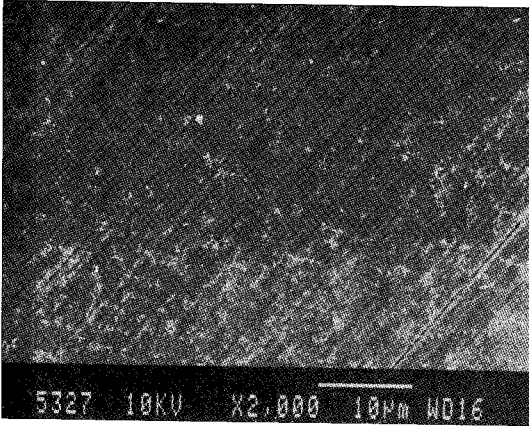


Fig. 2.

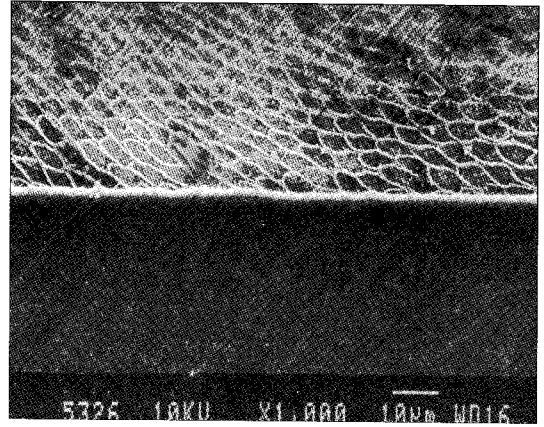


Fig. 3.

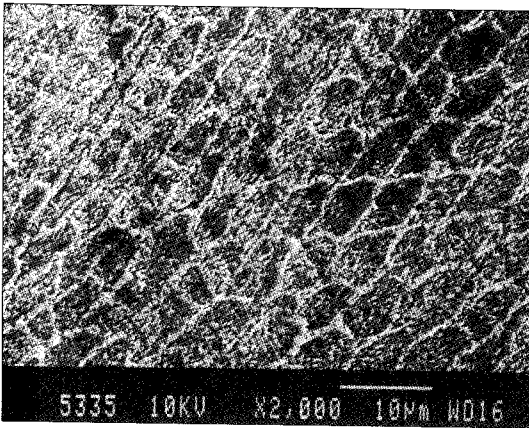


Fig. 4.

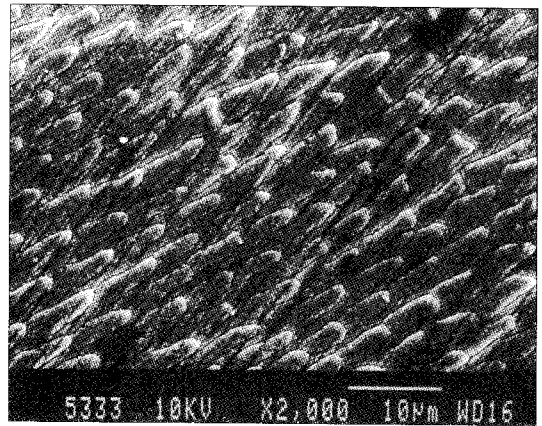


Fig. 5.

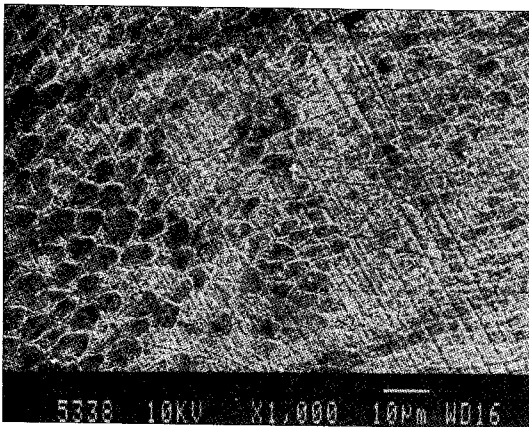


Fig. 6.

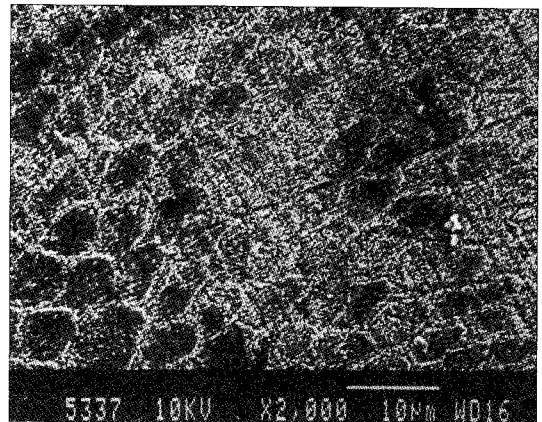


Fig. 7.

사진부도 ②

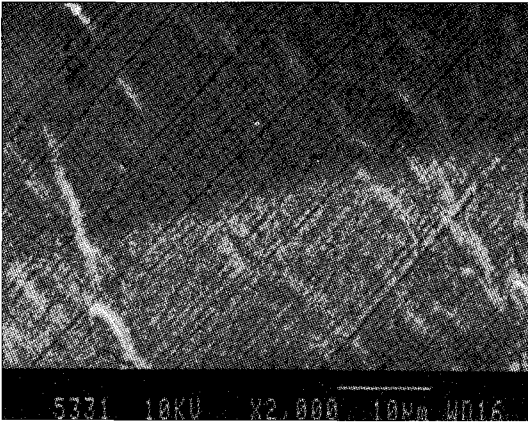


Fig. 8.

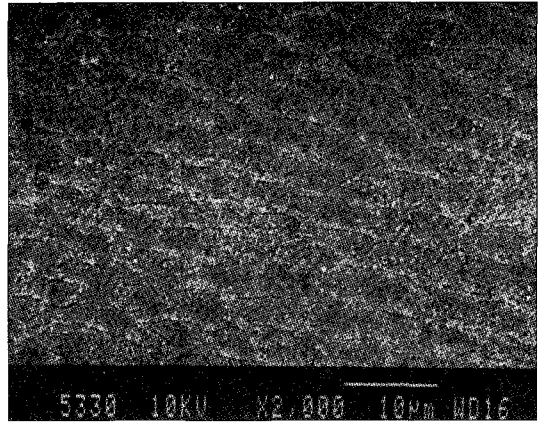


Fig. 9.

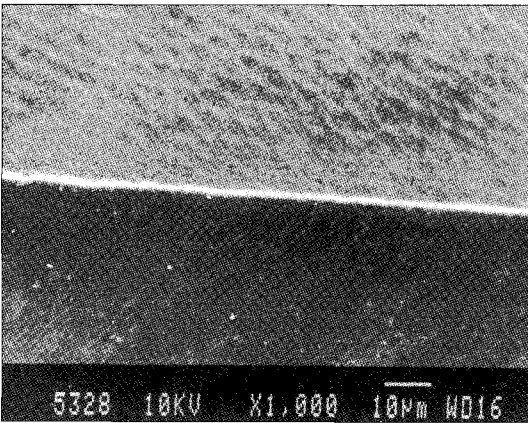


Fig. 10.

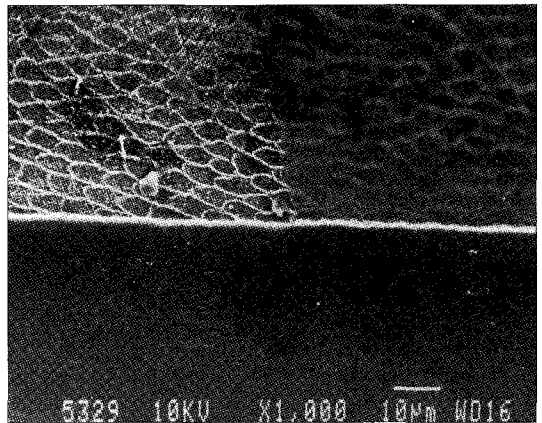


Fig. 11.