

## 수증 음료수의 법랑질과 상아질 침식에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치학연구소 및 소아치과학교실

장기택

Abstract

### A STUDY OF THE INFLUENCES OF ACIDIC BEVERAGES ON EROSION OF ENAMEL AND DENTIN

Ki-Taeg Jang, D.D.S., Ph.D.

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

The aim of this study was to evaluate the in vitro effects of exposure to acidic beverages on microhardness of enamel and dentin. Thirty enamel specimens and thirty dentin specimens were obtained from extracted bovine maxillary incisors. Enamel and dentin specimens were divided into three groups and treated with acidic beverages as follows ; Group 1 : cola(pH 2.52), Group 2 : plain soda water(pH 2.93) and Group 3 : orange juice(pH 3.75).

Erosive treatment was performed by storing each specimens for 5 min in 50ml solution of cola, soda water and orange juice. Average microhardness values(VHN) were determined before and after erosive treatment.

All beverages produced significant loss of microhardness of enamel and dentin. Microhardness of enamel was reduced in the following order : Group 1 :  $42.71 \pm 4.36(\%)$ , Group 2 :  $37.09 \pm 6.25(\%)$ , Group 3 :  $35.46 \pm 4.98(\%)$ . Microhardness of dentin was reduced in the following order : Group 1 :  $17.14 \pm 3.42(\%)$ , Group 2 :  $13.89 \pm 3.18(\%)$ , Group 3 :  $13.82 \pm 3.50(\%)$ . The differences between group 1 and group 2, 3 were statistically significant( $p < 0.05$ ).

\* 이 논문은 1997년도 서울대학교병원 지정진료 연구비 지원에 의해 이루어진 것임

## I. 서 론

치아의 침식이란 미생물의 개재없이 화학적 작용에 의해 치아의 경조직이 비가역적으로 소실 되는 것을 말한다<sup>1)</sup>. 치질 침식의 원인은 내부적인 요인과 외부적인 요인으로 나눌 수가 있는데 내부적인 요인으로는 구토를 동반하는 신경성 식욕부진(anorexia nervosa)이나 대식증(bulimia), 소화기 이상 등이 있으며 이들은 위산의 구강으로의 역류로 치아의 침식을 일으킨다<sup>2-8)</sup>. 외부적 요인으로는 산성 음식물이나 감귤류등의 산성 과일의 섭취가 대표적이다<sup>9,10)</sup>. Iron tonics이나 vitamin C와 같은 약제도 원인 요소로 보고된 바 있고<sup>11,12)</sup> 직업적으로 산성환경에 노출되면 공기중의 산성물질도 호흡에 의해 치아의 침식을 유발할 수 있어서 화학공장이나 제철공장에 근무하는 직업인에게 치아의 침식이 발생할 수 있다<sup>13)</sup>. 염소로 소독된 실내 수영장에서 계속적으로 수영을 하는 것도 치아 침식증의 외부적인 요인으로 보고되고 있다<sup>14)</sup>.

치아 침식증의 다른 중요 원인으로는 타액의 저분비로, 산에 노출된 치아표면을 불충분하게 린스하거나 부족한 완충능을 나타내어 산에 의한 치아의 침식을 가속화시키는 것으로 알려져 있다<sup>15,16)</sup>.

최근에 치아의 침식에 관한 관심이 증대되고 있으며 선진국에서는 치아우식증은 감소하고 산성 음식물 섭취에 의한 치아 침식의 위험은 증가하고 있다<sup>17)</sup>.

현대사회에서는 음식물 섭취요인이 점점 더 중요해지고 있으며 어떤 이들은 산성 과일이나 야채등의 음식물을 과량 섭취하여 심각한 치아의 침식을 나타내고 있고 최근엔 각종 상업용 음료수, 스포츠 음료수 등이 널리 응용되고 있는데 이들 음료수의 산도가 무시할 수 없는 수준이다<sup>18-21)</sup>. 이로인한 치아의 침식은 현대에 매우 흔한 치과 질환이 되었다. Lussi등의 보고에 의하면<sup>22)</sup> 스위스 국민 중 26-30세 군의 7.7%, 46-50세 군의 13.2%에서 치아 침식증을 나타내었다고 하였다. 우리나라 어린이들이 즐겨 마시는 콜라, 사이다, 각종 과일쥬스, 스포츠 음료수 등은 그 섭취빈도와 산도때문에 치아에

유해한 침식작용을 나타내어 결국 치아우식증을 가속화시킬 것으로 생각되지만 아직 우리나라에서 많이 시판되는 음료수의 치아에 대한 침식증의 발생빈도나 정도, 처치에 관한 관심과 연구가 미비한 편이다.

침식에 의한 초기 탈회는 표층하 병소의 형성없이 법랑소주 변연부의 연화로 특징지어지고<sup>23)</sup> 이러한 변화는 상아질에서도 일어난다<sup>24)</sup>. 미세경도 측정은 이런 치아경조직의 표면의 변화를 검사하는 매우 민감한 검사법으로 사료된다. 이에 우리나라에서 어린이들이 많이 마시는 수종의 음료수가 법랑질과 상아질 표면에 미치는 영향에 관해 법랑질과 상아질 표면의 미세경도를 측정하여 그 변화를 비교함으로써 약간의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

치아우식이 없고 마모가 적은 어린 소의 견전한 치아(bovine teeth) 중 상악절치를 대상으로 하였다. 한우의 도살직후 우치를 발거하여 이물질을 제거하고 초음파 세척하고, 법랑질에 우식이나 균열, 파절, 마모가 없는 것을 선별하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 시편제작

① Bovine incisor를 4mm의 내경을 가진 diamond core drill을 사용하여 원형으로 치아를 잘라내었다.

② 7mm 직경의 투명 아크릴릭 봉을 10cm의 길이로 자르고 한쪽 끝에 5mm 직경의 구멍을 5mm 깊이로 뚫었다.

③ 법랑질 시편은 잘라낸 원형의 치질을 아크릴릭 봉의 한쪽 구멍에 레진을 이용하여 법랑질 표면이 노출되도록 매몰한 후 법랑질 표면이 평면이 되고 광택이 나도록 400, 600, 1000, 2000 grit Sic 연마지로 연마한 후 6 $\mu$ m과 1 $\mu$ m의 DP suspension과 alumina paste(Struers)로 표면에 scratch가 없도록 최종 연마하였다.

④ 상아질 시편은 잘라낸 원형의 치질에서 법

랑질을 제거하여 상아질을 노출시킨 후 아크릴릭 봉의 한쪽 구멍에 레진을 이용하여 상아질 표면이 노출되도록 매몰하고 법랑질 시편과 같은 방법으로 연마하였다.

2) 처리전 미세경도 측정

① 시편의 표면을 중심에서 날카로운 칼로 열십자를 그어 4분면을 구분할 수 있도록 표시하였다.

② 미세경도는 Shimadzu Micro Hardness Tester HMV-2000으로 법랑질은 50g의 load를 5초간, 상아질은 25g의 load를 5초간 가하는 조건으로 Vickers' Hardness Number(VHN)를 측정하였다. 시편의 4분면에서 한 개씩의 측정치를 얻었으며 측정치가 타표본에 비해 크게 벗어나는 것을 제외시키고 법랑질시편 30개, 상아질 시편 30개, 모두 60개의 시편을 측정하여 각군의 평균치가 크게 다르지 않도록 3군으로 배분하였다.

3) 시편의 처리

① 각 3군으로 나눈 법랑질과 상아질 시편을 다음과 같은 음료수 50ml에 5분간 담근다. 음료수는 치아시편을 담그기 직전에 개봉하였고 바로 pH를 측정하였다.

1군 : 콜라

2군 : 사이다

3군 : 오렌지 주스

② 각 음료수에서 꺼낸 시편을 증류수로 씻고 따뜻한 공기로 건조시켰다.

4) 처리 후 미세경도 측정

위치에 따른 변이를 최소화 하기위해 처리전 측정된 압흔을 찾아 인접한 곳에서 처리 후의

미세경도를 측정하였다. 한 시편당 4개씩, 한 군당 40개의 처리전과 처리후의 측정치를 얻었다.

5) 통계처리

처리전 미세경도와 처리후의 미세경도의 증감은 대응 t-test로, 각 군간의 비교는 일원배치 분산분석과 사후검정(Scheffe test)으로 통계 처리하였다.

III. 연구결과

각 음료수의 pH는 콜라 2.52, 사이다 2.93, 오렌지 주스 3.75였다.

법랑질과 상아질 시편의 음료수 처리 전과 처리 후의 미세경도치(VHN)와 감소율은 표1과 같다.

감소율(VHN, %)은 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{감소율} = \frac{\text{처리전 미세경도치} - \text{처리후 미세경도치}}{\text{처리전 미세경도치}} \times 100$$

상아질보다 법랑질의 음료수에 의한 침식 효과가 모든 군에서 큰 것으로 나타났으며 처리전후의 미세경도치는 모든 군에서 통계적으로 유의하게 변화하였다(p<0.05). 콜라에 담그었던 1군의 미세경도치가 법랑질과 상아질 모두에서 가장 많이 변화하였고 감소율에 있어 2군과 3군에 비해 통계적으로 유의하게 차이가 났다(p<0.05). 사이다에 담근 2군과 오렌지 주스에 담근 3군에서는 2군의 변화가 조금 더 컸으나 통계적 유의차는 보이지 않았다.

표1. 음료수 처리전,후의 법랑질과 상아질의 미세경도치(VHN)와 감소율(%)

	법랑질			상아질		
	처리전	처리후	감소율(%)	처리전	처리후	감소율(%)
1군	323.73± 29.13	186.65± 17.39	42.71± 4.36	74.79± 7.72	62.01± 7.24	17.14± 3.42
2군	330.73± 29.86	206.68± 15.09	37.09± 6.25	76.78± 9.68	65.99± 7.75	13.89± 3.18
3군	328.95± 25.95	211.85± 18.24	35.46± 4.98	76.06± 10.47	65.40± 8.36	13.82± 3.50

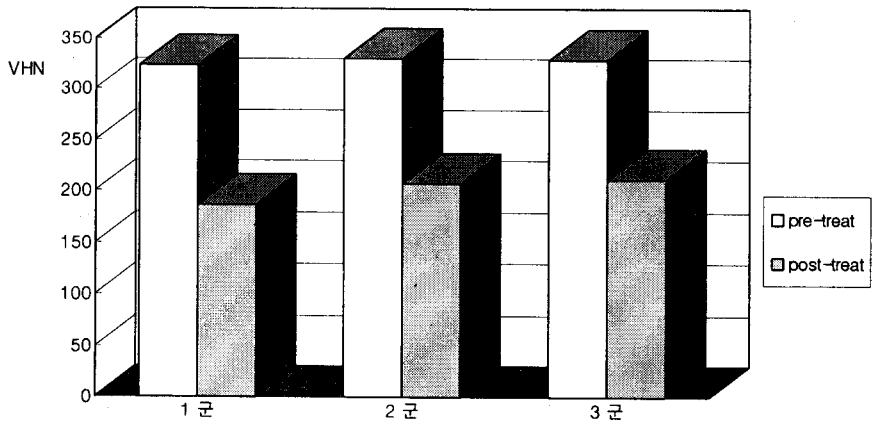


그림1. 법랑질의 음료수 처리 전,후의 미세경도

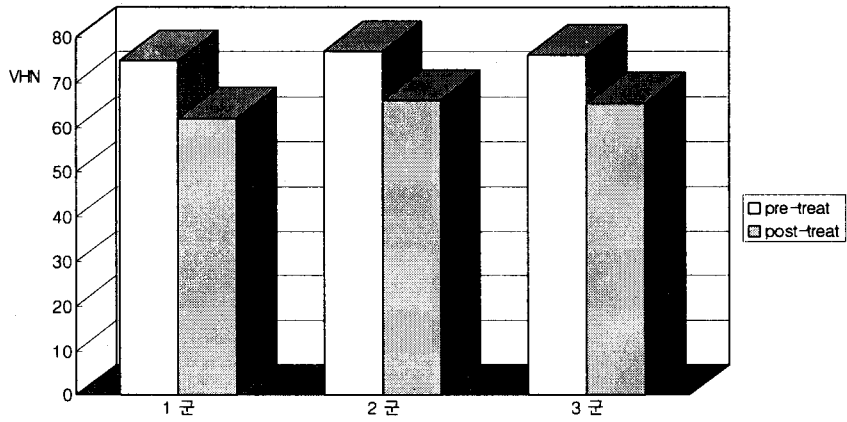


그림2. 상아질의 음료수 처리 전,후의 미세경도

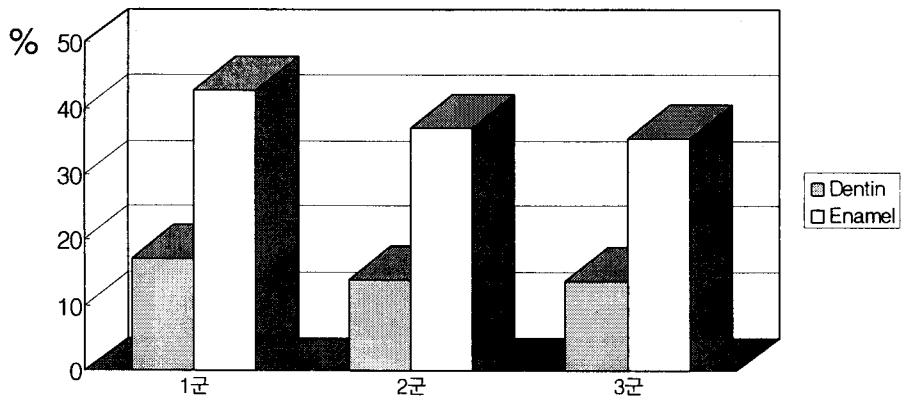


그림3. 음료수처리 후의 미세경도 감소율

#### IV. 총괄 및 고찰

Levine<sup>17)</sup>이 70년대초 과일 주스류 음료수의 섭취의 증가가 치아의 침식을 야기시켜 임상적으로 간과할 수 없음을 보고한 이래로 산성 음료수는 각종 과일주스와 새로운 스포츠 음료의 출현으로 더욱 다양화되고 소비가 급증하는 추세이다. 이런 음료수의 주 소비층은 15세 미만의 소아와 청소년으로 영국의 보고에 의하면 전체 소비의 약 65%를 차지한다고 하며<sup>25)</sup> 산도가 대부분 pH 2부터 pH 4인 강한 산성을 나타낸다고 한다<sup>18)</sup>. 저자가 국내에서 시판되는 음료수 중 탄산 음료와 이온음료, 과일주스류 등의 산도를 조사한바 pH가 대부분이 2.5부터 3.5사이로 나타나 외국의 보고와 다르지 않았으며 이 중 대중적으로 많이 소비되는 콜라, 사이다, 오렌지주스를 이번 연구에 사용하였는데 이들 음료수의 pH는 각각 2.52, 2.93, 3.75로 충분히 치아를 침식시킬 수 있는 정도로 이는 이번 실험적 연구와 다른 연구자들의 보고가 일치하는 바이다.

법랑질과 상아질의 산성음료수에 의한 표면 미세경도치의 감소가 콜라에서 가장 크게 나타난 것은 콜라의 치질에 대한 침식정도가 가장 큰 것을 나타내고 이는 콜라의 pH가 다른 음료수에 비해 낮기 때문일 것이다. 젊은층과 어린이들의 외식 선호도가 높아짐에 따라 콜라의 소비가 급증하는 것을 고려하면 국내에서도 치아 침식증이 크게 증가할 것이 우려된다. 콜라보다는 덜하지만 사이다나 주스류도 침식 유발성이 큰 것으로 결론 지을 수 있다.

법랑질과 상아질 중 법랑질의 산성음료수에 의한 표면미세경도치의 감소가 상아질에 비해 2배이상의 비율로 나타났는데 이는 법랑질과 상아질의 구성성분의 차이에 기인하는 것으로 생각된다. 단 5분정도의 접촉만으로도 치아표면이 이렇게 약화되면 이것이 우식증, 교모증과 마모증들과 복합적으로 작용할때 치질의 파괴는 급속하게 진행되리라 생각된다. 다만 구강내의 조건은 타액의 완충능과 자정작용에 의해 산성 음료수의 작용을 완화시키고 그에 따라 개인차이가 클 것으로 생각되지만 이런 음료

수의 계속적인 다량의 섭취는 매우 치아에 유해하며 어린이들의 새로 맹출한 치아의 법랑질은 특히 산성 음료수의 침식에 더 약하다<sup>10)</sup>. 그러나 이러한 음료수가 치아에 침식을 유발할 수 있다는 것을 알고 있는 소비자는 그리 많지 않으며 주 소비층인 어린이들은 더욱 더 무관심하다. 산성 음료수에 의해 일단 침식증이 나타나면 어릴수록 더 심각한 증세를 보이고 법랑질이 거의 소실되고 나면 상아질이 나타나게 되고 상아질 또한 산성 음료수의 영향을 받을 것이다. 이번 연구에서 상아질은 법랑질에 비해 침식의 정도가 덜한 약 13-17%의 미세경도 감소율을 나타냈고 Takahashi<sup>26)</sup> 등은 3분의 처리 후에도 약 20% 이상의 미세경도 감소를 보고한 바 있어 상아질도 음료수에 의한 침식에 큰 영향을 받음을 알 수 있다.

미세 경도측정은 치질의 표층에서 50 $\mu$ m 이내 깊이에 국한된 변화나 병소의 측정에 매우 유용한 방법이다<sup>23)</sup>. 이외에도 초기법랑질탈회를 측정하는 방법으로는 iodide permeability(Ip) test가 있는데<sup>27, 28)</sup> 미세경도 측정과 상관관계가 높은 것으로 보고되었다<sup>18, 29)</sup>. 앞으로 이에 대한 연구도 필요할 것으로 생각된다.

이번 연구는 우리나라에서 대중적으로 소비가 높은 콜라와 사이다, 오렌지 주스의 법랑질과 상아질에 대한 침식효과를 in vitro에서 측정하고자 한 것이다. 치아의 개체간 변이를 줄이고자 한 개체의 우치를 선택해 시편을 제작하였고 음료수 처치전 미세경도 측정치에서 변이가 심한 시편을 제외하였으며 처치전 미세경도측정 압흔의 위치를 찾기 쉽게 표시해 두어 음료수 처치후 인접한 곳에서 측정치를 얻어 시편내 변이의 영향을 최소화하여 음료수의 침식효과를 비교하고자 하였다. 우치와 사람의 치아의 미세경도는 건전한 치질일 경우 별 차이가 없으나 산에 의한 탈회나 인공우식의 영향은 우치가 사람의 치아보다 더 심한 것으로 보고되었다<sup>30, 31)</sup>. 그러므로 이번의 미세경도치의 변화도 사람의 경우보다 크게 나타난 것으로 생각되며 계속된 in vivo 연구를 바라는 바이다.

치아가 닳는 과정(wearing)은 전통적으로 마모(abrasion)와 교모(attrition) 그리고 침식

(erosion)으로 나눌 수 있다. 진단의 목적에 의해 이렇게 분류하지만 대부분의 경우는 복합적 요인인 경우가 많다. 침식증은 양측성으로 보통, 탈회과정에 동반되는 백묵화나 거친 표면을 나타내지 않고 오목한 면을 형성하는 것이 특징이다. 법랑질의 표면은 광택면을 나타내며 침식병소의 변연부는 날카롭지 않고 색조변화가 없다. 마모증은 잇솔질과 연관되어 편측에 나타나는 것이 일반적이고 협측의 치경부에 분포되어 나타나지만 침식증은 설면과 교합면에 주로 나타난다고 알려져있다<sup>10)</sup>. 하지만, Lussi 등은<sup>21)</sup> 스위스 국민 중 26-30세군의 7.7%, 46-50세군의 13.2%에서 치아 침식증을 나타내었고 전체적으로 16%가 적어도 1개이상의 치아에서 순면의 침식을 보였으며 교합면에서는 26-30세군의 29.9%, 46-50세군의 42.6%가 침식을 보였고, 설면은 단지 46-50세군의 2%만이 침식을 보였다고 하였다.

침식이 교모와 동반되면 치아가 접촉하는 면에 영향을 준다<sup>22)</sup>. 그러므로 이러한 교모가 동반된 침식증의 치료는 전방 bite plane으로 교합을 거상하여 교합에 의한 접촉을 배제한 후 산부식술 등으로 치아를 수복해야 하고 만약 치아가 치수의 병변을 나타내면 근관치료가 선행되어야 하는 등 매우 어렵다. 그러나 초기의 침식증은 진단을 내리기가 매우 어려워 대부분 진행된 상태에서 침식이 아닌 교모나 마모로 진단을 내리고 치료하는 경우가 많다. 이에 치과 의사들의 세심한 주의와 교육이 필요하리라 사료되며 대중과 치과 의사 모두 산성 음료수의 치아 침식 가능성을 알고 있어야 하겠다. 이러한 음식물에 의한 치아 침식증은 치료보다는 예방에 역점을 두어야 하겠고 산성 음식물의 섭취를 줄이도록 산성 음료수의 유해성을 알려 대체 음료를 개발토록 홍보하고 특히 어린이들이 입안에 오랫동안 음료를 잔류시키면서 섭취하지 못하도록 교육을 하는 것이 무엇보다도 중요할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

저자는 건전한 우치의 법랑질과 상아질을 1

군 : 콜라(pH 2.52), 2군 : 사이다(pH 2.93), 3군 : 오렌지 주스(pH 3.75)에 5분간 담근 후 처리전 후의 미세경도(VHN)를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 법랑질과 상아질 모두 처리 후의 미세경도가 처리전에 비해 모든 군에서 통계적으로 유의하게 낮아졌다( $p < 0.05$ ).
2. 법랑질의 미세경도 감소율이 상아질보다 2배 이상 높았다.
3. 법랑질의 군별 미세경도 감소율은 1군 :  $42.71 \pm 4.36(\%)$ , 2군 :  $37.09 \pm 6.25(\%)$ , 3군 :  $35.46 \pm 4.98(\%)$ 으로서 1군이 2, 3군에 비해 통계적으로 유의하게 높았다( $p < 0.05$ ).
4. 상아질의 군별 미세경도 감소율은 1군 :  $17.14 \pm 3.42(1\%)$ , 2군 :  $13.89 \pm 3.18(\%)$ , 3군 :  $13.82 \pm 3.50(\%)$ 으로서 1군이 2, 3군에 비해 통계적으로 유의하게 높았다( $p < 0.05$ ).

## 참 고 문 헌

1. Eccles J. D. : Dental erosion of nonindustrial origin : A clinical survey & classification. J Prosthet Dent, 42 : 649-653, 1979.
2. Ismail-Beigi F., Horton P. F., and Pope C. E., Histological Consequences of Gastroesophageal Reflux. Gastroenterology, 58 : 163-174, 1970.
3. Pope, C. E., : Gastroesophageal Reflux Disease. Textbook of Medicine, J.B. Wyngaarden and L.H. Smith Eds., Saunders Co., Philadelphia, 623-624, 1982.
4. Howden G. F. : Erosion as the presenting symptom in hiatus hernia. Br Dent J : 131 : 455-456, 1971.
5. Hellström I. : Oral complication in anorexia nervosa. Scand J Dent Res, 85 : 71-86, 1977.
6. Knewits J. L. and Drisko C. L. : Anorexia nervosa and Bulimia : A Review, Compend Contin Educ Dent, 9 : 244, 1988.
7. Clark C. : Oral complications of anorexia

- nervosa and/or bulimia : With a review of the literature. *J Oral Med*, 40 : 134–138, 1985.
8. Jarvinene V. K., Meurman J. H., Hyvarinen H., Rytomaa I., Murtomaa H. : Dental erosion & upper gastrointestinal disorders. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 65 : 2910–303, 1988.
  9. Eccles J. D., Jenkins W. G. : Dental erosion & diet. *J Dent*, 2 : 153–159, 1974.
  10. Asher C., Read M.J.F. : Early enamel erosion in children associated with the excessive consumption of citric acid. *Br Dent J*, 162 : 384–387, 1987.
  11. Meurman J. H. and Murtomaa H. : Effect of effervescent Vitamin C preparations on bovine teeth and clinical and salivary parameters in man. *Scan J Dent Res*, 9 : 495–499, 1986.
  12. James P. M. C. and Parfitt G. J. : Local Effects of Medicaments on the Teeth, *Br Med J*, 2 : 1252–1253, 1953.
  13. Ten Bruggen Cate H. J. : Dental erosion in industry. *Br J Ind Med*, 25 : 249–266, 1968.
  14. Centerwall B. S., Armstrong C. W., Funckhouser L. and Elzay R. : Erosion of Dental Enamel among Competitive Swimmers at a Gas-chlorinated Swimming Pool. *Am J Epidemiol*, 123 : 641–647, 1986.
  15. W Itgens J. H. M., Vingerling P., de Blicck-Hogervorst J.M.A., Bervoets D.J. : Enamel erosion & saliva. *Clin Prev Dent*, 7 : 8–10, 1985.
  16. Dawes C. : Effects of diet on salivary secretion and composition. *J Dent Res*, 49 : 1263–1273, 1970.
  17. Levine R. S. : Fruit juice erosion : An increasing danger? *J Dent*, 2 : 85–88, 1974.
  18. Lussi A., Jaggi T., Scharer S. : The influence of different factors on in vitro enamel erosion. *Caries Res*, 27 : 387–393, 1993.
  19. Meurman J. H., Ryt maa I., Kari K., Laakso T., Murtomaa H. : Salivary pH & glucose after consuming various beverages including sugar-containing drinks. *Caries Res*, 21 : 353–359, 1987
  20. Ryt maa I., Meurman J. H., Koskinen J., Laakso T., Gharazi L., Turunen R. : In vitro erosion of bovine enamel caused by acidic drinks & other foodstuffs. *Scand J Dent Res*, 96 : 226–231, 1988.
  21. Jarvinen V. K., Ryt maa I., Heinonen O. P. : Risk factors in dental erosion. *J Dent Res*, 70 : 942–947, 1991.
  22. Lussi A., Schaffner M., Hotz P., Suter P. : Dental erosion in a population of Swiss adults. *Community Dent Oral Epidemiol*, 19 : 286–290, 1991
  23. Featherstone J. D. B. : Consensus conference on intra oral models : Evaluation techniques. *J Dent Res*. 71 : 955–956, 1992.
  24. Meurman J. H., Drysdale T., Frank R. M. : Experimental erosion of dentin. *Scand J Dent Res*, 99 : 4517–462, 1991.
  25. Rugg-Gunn A. J., Hackett A. F., Appleton D. R., Jenkins G. N., Eastoe J. E. : Relationship between dietary habits and caries increment assessed over two years in 405 English adolescent school children. *Arch Oral Biol*, 29 : 983–992, 1984.
  26. Takahashi K., Ogawa M., Maeda T. : Dynamic microhardness of dentin after exposure to acidic beverages and fluoride. *J Dent Res*, 75(IADR Abstracts %1396), 1996.
  27. Bakhos Y., Brudevold F. : Effect of initial demineralization on the permeability of human tooth enamel to iodide. *Arch Oral Biol*, 27 : 193–196, 1982.
  28. Bakhos Y., Brudevold F., Aasenden R. : In-vivo estimation of the permeability of surface human enamel. *Arch Oral Biol*,

- 22 : 599–603, 1977.
29. Zero D. T., Rahbek I., Fu J., Proskin H.M., Featherstone J. D. B. : Comparison of the iodide permeability test, the surface microhardness test, & mineral dissolution of bovine enamel following acid challenge. *Caries Res*, 24 : 181–188, 1990.
  30. Herkstroter F .M., Witjes M., Rubennn J., Arends J. : Time dependency of microhardness indentations in human & bovine dentine compared with human enamel. *Caries Res*, 15 : 377–385, 1989.
  31. Featherstone J. D. B., Mellberg J. R. : Relative rates of progress of artificial caries lesions in bovine, ovine & human enamel. *Caries Res*, 15 : 109–114, 1981.
  32. Lewis K. J., Smith B. G. N. : Relationship of erosion and attrition in extensive tooth tissue loss. *Br Dent J*, 135 : 400–404, 1973.