

# 유기산에 의한 법랑질용해 및 불소가 산용해도에 미치는 영향에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과약리학교실

김 관 식

## DISSOLUTION OF ENAMEL BY ORGANIC ACIDS AND THE EFFECT OF FLUORIDE ON ACID DISSOLUTION RATE

Gwan-Shik Kim, D.D.S., M.S.

*Department of Dental Pharmacology, College of Dentistry, S.N.U.*

.....> Abstract <.....

Comparative enamel dissolving ability of organic acids and the effect of fluoride on the dissolution rate were investigated with powdered enamel. Enamel was dissolved in 0.1 M lactate, acetate and propionate buffer (pH 4.0) for 15 minutes at 37°C with mechanical shaking and then Ca, P concentrations in buffers were determined. And effect of fluoride on acid dissolution was studied employing pretreated enamel at 100 ppm for 15 minutes and at 5 ppm for 30 days. All experiments were triplicated. Among the acid buffers, enamel dissolution rate of lactate was greatest and then acetate and propionate was least. Fluoride pretreatments inhibited dissolution rate in all acid buffers. And rates of Ca and P-dissolution inhibition were similar in 100ppm-F-15 minute pretreated enamel, but in case of 5 ppm F-30 day pretreatment, inhibition rate of P-dissolution was markedly increased while Ca-dissolution inhibition rate was slightly decreased than those of 100 ppm F-15 minute pretreatment presumably due to difference in CaF<sub>2</sub> formation.

### I. 서 론

치아우식증의 원인에 관하여 여러가지의 가설이 대두되었으나 균태를 형성하는 세균의 대사작용으로 생성된 유기산에 의한 법랑질표면의 용해 및 이의 점진적인 확산이라는 점은 모두 일치하고 있다.<sup>17)</sup>

유기산에 의한 법랑질용해에 대하여 많은 연구결과가 보고되었으나<sup>1, 3, 5, 12, 16, 20)</sup> 정확한 용해기

전은 아직 밝혀지지 않고 있다.

Geddes<sup>8, 10)</sup>, Kleinberg<sup>13)</sup>, Sandham<sup>19)</sup>은 구강내에서 생성되는 유기산은 주로 lactate, acetate, propionate가 대부분이며 butyric acid, formic acid 등도 미량생성되며 그농도는 일정한 것이 아니고 여러가지 구강내 조건에 따라 변화된다고 하였다.

법랑질은 여러종류의 무기질과 반응하여 법랑질 무기성분의 변화를 가져오며 이같은 변화는 법랑질의 용해도와 밀접한 관련성을 가지고 있으며 이들 중 불소는 현저한 용해억제효과와 임상적으로도 유

수한 항우식효과를 가지고 있다.

Lazzari<sup>14)</sup>는 불소는 농도에 따라 법랑질과의 반응양상이 다르다고 하였으며 Driessens<sup>7)</sup>는 불소가 법랑질을 안정시킨다고 하였다.

Brudevold<sup>5)</sup>, Birkland<sup>4)</sup>는 불소가 약산성용액내에 유리된 Ca과 P의 재침착을 현저하게 촉진시킨다고 하였으며 불소의 항우식효과는 법랑질용해억제보다 재석회화를 촉진시키는 작용에 기인한다고 하였다. 저자는 산원중액을 이용하여 구강내에서 주로 형성되는 유기산의 법랑질용해도와 이에 미치는 불소의 영향을 보고자 실험을 진행하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### (1) 시료의 준비

우식증상이 없는 건전한 대구치를 연령, 성별에 관계없이 수거하여 pumice-prophylaxis를 실시한 후 물리적 방법에 의해 분리된 법랑질만을 분쇄하여 Mesh No.200 (75 $\mu$  opening)을 통과한 시료만을 건조하여 실험에 사용하였다.

### (2) 유기산에 의한 용해도 실험

각각 50mg씩의 분말법랑질을 사용하여 pH 4.0, 0.1M lactate, acetate, propionate buffer를 9ml 가한 후 15분간 37°C에서 진탕하여 용해시킨 후 원심분리하여 상청액내에 유리된 Ca과 P의 농도를 측정하여 용해도의 기준으로 삼았다.

Ca 농도는 Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin Elmer 303)을 이용하여 측정하였으며 P농

도는 Fiske 및 SubbaRow의 방법<sup>18)</sup>에 의하여 측정하였다.

### (3) 불소의 영향에 관한 실험

NaF를 사용하여 만든 100ppm의 불소용액을 법랑질과 15분간 37°C에서 진탕하여 작용시켰으며 5 ppm의 불소용액은 재증류수 처리를 대조군으로 하여 30일 작용시킨 후 원심분리로 세척하여 건조시킨 후 같은 방법에 의하여 유기산원중액에 의한 용해도를 측정하였으며 모든 실험은 3회 반복하여 시행하였다.

## III. 실험성적

### (1) 유기산에 의한 유리도

상청액내에 유리된 Ca농도는 ml당 lactate 는 360.4 $\mu$ g, acetate 279.8 $\mu$ g, propionate 256.7 $\mu$ g 이었으며 P농도는 각각 316.8 $\mu$ g, 259.3 $\mu$ g, 215.6 $\mu$ g 으로 lactate, acetate, propionate의 순서에 의한 유리도를 보였다(Tab. 1).

### (2) 불소가 용해도에 미치는 영향

불소처리를 한 법랑질은 농도에 관계없이 처리하지 않은 경우보다 모든 유기산에 의한 Ca와 P의 용해를 억제시켰다.

100ppm의 불소로 15분 처리한 법랑질은 유사한 Ca과 P의 용해억제효과를 보였으나 5 ppm으로 30일간 처리한 경우 100ppm의 불소처리한 법랑질보다 적은 Ca용해억제효과를 나타낸 반면 P용해도는 현저한 억제효과를 보였다(Fig. 1, 2).

Table 1. Dissolved Ca and P concentration ( $\mu$ g/ml) in acid buffers.

Pretreatment & concentration* Buffer	non-treatment		100 ppm F-15min.		5 ppm F-30 day		DDW-30 day	
	Ca	P	Ca	P	Ca	P	Ca	P
Lactate	360.4 (35.2)	316.8 (13.8)	236.1 (16.9)	193.7 (6.7)	266.4 (37.9)	136.8 (6.6)	233.4 (22.6)	143.7 (9.6)
Acetate	279.8 (45.0)	259.3 (10.5)	160.0 (6.2)	139.2 (7.7)	216.0 (14.9)	110.3 (9.8)	171.5 (29.9)	118.8 (2.9)
Propionate	256.7 (36.4)	215.6 (30.6)	137.4 (9.4)	120.7 (7.9)	180.6 (20.0)	98.3 (6.2)	144.3 (25.1)	98.0 (4.8)

\* S. D. in parenthesis

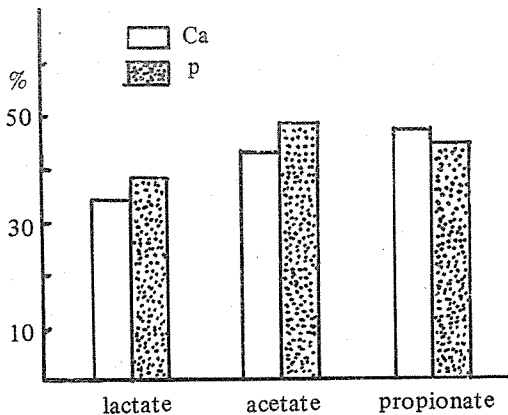


Fig. 1 % inhibition rate of Ca and P-dissolution in 100 ppm F-15minute pretreated enamel.

재증류수로 30일간 처리한 법랑질은 5 ppm의 불소처리보다 낮은 Ca의 유리도를 보였으며 P의 유리도는 유사하였다 (Tab. 1).

#### IV. 고찰

법랑질의 산용해도는 균태의 유기산형성능과 관련하여 우식현상에 중요한 의의를 가지며 유기산은 EDTA와는 달리 hydroxyapatite 결정의 중앙부위를 우선적으로 용해시키는 현상<sup>3, 12)</sup>을 보이고 있으나 이러한 현상의 정확한 기전은 확실하게 규명되지 않고 있다.<sup>3)</sup>

정 및 김<sup>1)</sup>, Lazzari<sup>14)</sup>, White<sup>20)</sup>는 법랑질용해도는 pH가 저하할수록 증가된다고 하였으며 Sandham등<sup>19)</sup>은 acetate와 propionate가 pH저하에 큰 역할을 보인다고 하였으며 Geddes<sup>9, 10)</sup>는 생성되는 유기산의 종류와 농도가 구강내 pH저하현상에 큰 영향을 미치며 이러한 pH저하효과는 lactate가 acetate나 propionate 보다 월등하며 또한 당분섭취후 lactate의 농도가 다른 유기산에 비하여 현저하게 증가되며 이러한 실험결과를 근거로 법랑질용해에 대한 lactate의 중요성을 주장하였다.

또 Johnson등<sup>21)</sup>은 전자현미경적 소견에 의하여 lactate가 acetate에 비해 법랑질용해에 큰 영향을 미치며 유기산의 음이온도 관련된다고 하였다.

본 실험에 사용된 유기산완충액중 lactate가 ace-

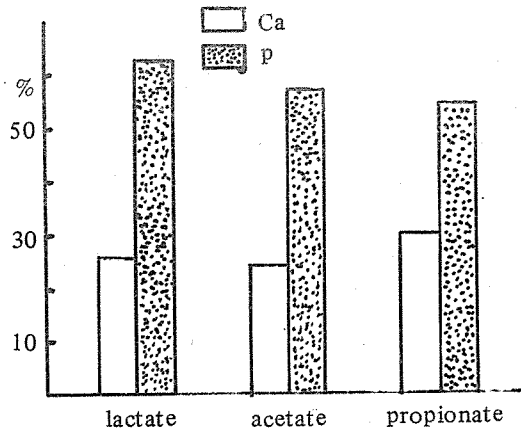


Fig. 2 % inhibition rate of Ca and P-dissolution in 5 ppm F-30 day pretreated enamel.

tate나 propionate 보다 높은 Ca과 P의 용해도를 보였으며 이는 lactate가 다른 유기산보다 법랑질용해에 큰 영향을 나타낼 수 있는 가능성을 보여주는데 것으로 사료된다.

불소에 의한 법랑질용해억제효과는 많은 연구결과<sup>2, 5, 8, 11, 15, 16)</sup>들이 보고되어 있으며 Lazzari<sup>14)</sup>는 고농도에서는 CaF<sub>2</sub>를 저농도에서는 fluoroapatite를 형성하여 용해억제효과를 나타내며 Driessens<sup>7)</sup>는 Na<sup>+</sup> 또는 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>의 편입을 억제하여 법랑질결정 구조를 안정시켜 용해억제효과를 보인다고 하였다. 또한 Birkland<sup>6)</sup>, Brudevold<sup>5)</sup> 등은 1 ppm의 불소가 Ca과 P의 재침착을 4~5배 증가시킨다고 하였으며 불소의 항우식효과는 재침착촉진 때문이라고 하였다.

본 실험에서 불소처리는 Ca과 P의 용해를 현저하게 억제시켰으며 100ppm으로 15분간의 처리는 약 40% 정도의 용해억제효과를 나타냈으며 이는 Muhler<sup>15)</sup>의 실험성과 유사하였다.

5 ppm으로 30일간 처리한 경우 이와는 달리 적은 Ca용해억제효과를 보인 반면 P용해억제효과는 현저하게 증가되었으며 Jeansonne<sup>11)</sup>의 결과와 유사하였다.

Jeansonne는 이러한 결과는 불소와 법랑질이 반응하여 형성된 CaF<sub>2</sub>가 산에 의해 다시 용해되므로 나타난다고 보았으며 본 실험의 현저한 P용해억제효과의 차이는 농도 및 작용시간의 차에 의한 CaF<sub>2</sub>의 형성도가 달라졌기 때문으로 사료된다.

30일간 재증류수로 처리한 경우 5 ppm의 불소로 처리한 법랑질보다 적은 Ca의 유리도를 보였는데 이는 재증류수가 법랑질용해능을 가지고 있어<sup>8,20</sup> 법랑질표면에서 유리된 Ca과 P가 세척과정중에 유실된 반면 5 ppm의 처리는 불소의 재침착촉진작용에 의하여 표면의 Ca과 P의 손실이 적었으며 산에 의한 법랑질용해는 액상으로부터 고체로의 확산능에 의존하므로<sup>1,2,7</sup> 법랑질표면의 Ca 및 P의 농도차이와 불소의 용해억제효과가 복합되어 이같은 결과를 보인 것으로 사료된다.

## V. 결 론

유기산의 법랑질용해도를 관찰하기 위하여 법랑질분말을 사용하여 pH 4.0, 0.1M의 lactate, acetate, propionate buffer에 의한 Ca과 P의 유리도를 측정하였으며 법랑질을 100ppm 및 5 ppm의 불소용액으로 각각 15분, 30일간 처리한 후 같은 방법에 의해 불소가 산용해도에 미치는 영향을 실험, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 유기산 완충액은 법랑질로부터 lactate, acetate, propionate의 순서에 따라 높은 Ca과 P 용해도를 나타냈다.
2. 불소처리는 모든 유기산에 의한 Ca의 P의 용해를 억제시켰다.
3. 100ppm의 불소로 15분간 처리한 법랑질은 유기산에 의한 Ca과 P의 용해에 유사한 억제효과를 보였으며 5 ppm의 불소로 30일간의 처리는 Ca 용해제효과는 적었으나 P용해도에 대하여 혀저하 억제효과를 나타냈다.

## 참 고 문 헌

1. 정배영, 김철위 : 법랑질의 Ca 용해도에 관한연구. 대한치과기재학회지. 4 : 21-22, 1969.
2. 최유진 : 불화소다가 법랑질 용해도에 미치는 영향에 대한 실험적 연구. 현대의학, 7 : 845-849, 1967.
3. Arends, J.: Dislocations and dissolution of enamel. Caries Res. 7:261-268, 1973.
4. Birkeland, J.M.: In vitro study on the mechanism of action of fluoride in low concentration. Caries Res. 9:110-118, 1975.
5. Brudevold, F., McCann, H.G. & Gron, P.: cited from Lambert, B.L.; Keene, H.J. &

- Levin, S.: Enamel solubility rate measurement in vivo on naval recruit. J. Dent. Res. 55:797-804, 1976.
6. Choi, K.B., Park, J.H., Choi, B.B., Kim, C.W., & Chung, T.Y.: Dissolution rates of powdered enamel treated with fluoride. 대한치과외사협회지. 9 : 20-24, 1971.
7. Driessens, F.C.M.: Fluoride incorporation and apatite solubility, Caries Res. 7:297-314, 1973.
8. Gedalia, I., Almog, D., & Yariv, S.: Effect of strontium and fluoride uptakes on the solubility of powdered enamel. Caries Res. 11:287-292, 1977.
9. Geddes, D.A.M.: The production of L(+) and D(-) lactic acid and volatile acids by human dental plaque and the effect of dental plaque buffering and acidic strength on pH. Archs oral Biol. 17:537-545, 1972.
10. Geddes, D.A.M.: Acids produced by human dental plaque metabolism in situ. Caries Res. 9:98-109, 1975.
11. Jeansonne, B.G. & Feagin, F.F.: Enamel dissolution in a weak acid containing 0.05, 0.5, or 5.0 mM sodium fluoride. J. Dent. Res. 53:414-417, 1973.
12. Johnson, N.W., Poole, D.F.G. & Tyler, J.E.: Factors affecting the differential dissolution of human enamel in acid and EDTA. Archs oral Biol. 16:385-396, 1971.
13. Kleinberg, I.: Biochemistry of the dental plaque. Advan. Oral Biol. 4:43-90, 1970.
14. Lazzari, E.P.: Dental biochemistry, pp.168, 282. Lea & Febiger, Philadelphia, 1976.
15. Muhler, J.C.: The effect of different fluorides on the solubility of intact dental enamel surfaces. J. Dent. Res. 36:889-894, 1957.
16. Newbrun, E., Timberlake, P. & Pigman, W.: Changes in microhardness of enamel following treatment with lactate buffer. J. Dent. Res. 38:293-300, 1959.
17. Newbrun, E.: Cariology, pp. 7, The Williams and Willkins co., Baltimore, 1978.
18. Osler, B.L.: Hawk's physiological chemistry, pp. 1112-1116, The Blackiston Division

McGraw Hill co. 1965.

19. Sandham, H.J. & Kleinberg, H.: Contribution of lactic acid and other acids to the pH of a human salivary sediment system during glucose catabolism. Archs oral

Biol. 15:1263-1283, 1970.

20. White, G.E., Coony, C.L., Sinskey, A. J. & Miller, S.A.: An in vitro assay to measure early loss from surface enamel. J. Dent. Res. 53:481-485, 1974.

● 各種齒科材料一切 ●

# 韓進齒材商社

서울특별시 중구 남대문로 5 가 63의 17

☎ 778-5879 22-8402

# 東信齒科技工所

DONG SIN DENTAL Lab.

대표 丁 忠 雄

서울특별시 성북구 보문동 1 가 122-1 호

TEL. 92-5847

各種 齒科機器 및 材料

# 清涼齒科材料商社

대표 양 해 수

서울시 동대문구 청량리동 444의 2 (청량리역 앞)

전화 966-1110·968-4466