

구연산과 칼슘이 치아침식증의 발생에 미치는 영향

송인경 · 이광희 · 김대업 · 양영숙

원광대학교 치과대학 소아치과학교실 · 치의학연구소

국문초록

산성 음료의 치아침식증 유발력을 감소시키기 위한 연구의 일환으로, 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1.0% 구연산용액의 5분, 15분, 30분, 60분간의 사람 소구치 법랑질의 치아침식증 유발력 및 구연산용액에 첨가되는 칼슘 0.05%, 0.1%, 0.2%에 따른 치아침식증 발생 억제효과를 표면미세경도를 측정하여 연구하였다. 전체적으로 볼 때, 구연산 농도가 높을수록, 탈회시간이 길수록, 칼슘농도가 낮을수록 탈회후 경도가 하락하였다. 탈회 5분 후 경도는 칼슘 무첨가의 경우에 76~90%이었고 칼슘 첨가에 따른 5분간의 탈회억제량은 2~15%이었다. 탈회 15분 후 경도는 칼슘 무첨가의 경우에 65~84%이었고 칼슘 첨가에 따른 15분간의 탈회억제량은 3~17%이었다. 탈회 30분 후 경도는 칼슘 무첨가의 경우에 53~72%이었고 칼슘 첨가에 따른 30분간의 탈회억제량은 6~22%이었다. 탈회 60분 후 경도는 칼슘 무첨가의 경우에 43~66%이었고 칼슘 첨가에 따른 60분간의 탈회억제량은 7~19%이었다. 탈회억제량의 분포를 전체적으로 보면, 구연산 농도에서는 1.0%에서 가장 크게 나타났고, 칼슘농도에서는 0.2%에서 가장 크게 나타났으며, 탈회시간에서는 0.1% 구연산용액에서는 탈회시간이 증가함과 더불어 탈회억제량도 함께 커지는 경향을 보였으나, 0.3% 이상의 구연산용액에서는 30분에 가장 크고 60분에 약간 감소하는 경향을 보였다. 이상의 결과는 구연산에 의한 치아침식증 발생에 칼슘이 억제효과를 나타낼 수 있음을 시사한다.

주요어 : 구연산, 칼슘, 치아침식증, 표면미세경도

I. 서 론

최근에 많은 선진국에서 치아우식증(dental caries)의 발생율이 감소하면서 상대적으로 치아침식증(dental erosion)에 대한 관심이 증가하고 있다. 치아침식증은 내인성 산이나 외인성 산이 세균의 개재 없이 치아와 접촉하여 치아 표면부터 탈회가 일어난다. 이에 비해 치아우식증은 구강에 잔류한 탄수화물을 치태 미생물이 발효시켜 산이 만들어지고, 표면하 탈회가 시작된다는 점에서 차이가 있다. 치아침식증이 방지될 경우에는 치관 파괴와 더불어 치수노출과 심한 통증을 일으키는 수준까지 진행할 수 있다¹⁻³⁾.

어린이와 청소년에서 치아침식증의 주된 발생요인은 산성 음료를 자주 마시는 것이다. 이와 관련된 최근의 연구보고들을 보면, West 등⁴⁾은 영국에서 1990년대의 10년 동안 청량음료의 소비가 56% 증가하였고 치아침식증의 발생율도 증가하고 있다고 하였으며, Lussi와 Schaffner⁵⁾는 산성 식품의 섭취가 침식증과 관련된 위험 요인이라고 하였고, O'Sullivan과 Curzon⁶⁾은 침식증이 있는 어린이는 산성 음료를 자주 마셨다고 하였으며, Moazzez 등⁷⁾은 사춘기의 침식증 환자는 대조군에 비해 탄산음료를 더 많이 마셨다고 하였다. Johansson 등⁸⁾은 산성 음료와 과일의 빈번한 섭취 등이 심한 치아침식증의 원인 또는 악화 요인이라고 하였고, Al-Malik 등⁹⁾은 비타민 C 보충제, 탄산음료의 빈번한 섭취, 아기 때 젖병으로 과일 시럽을 마신 것이 침식증과 관계가 있다고 하였으며, Al-Majed 등¹⁰⁾은 상악 유절치 구개면의 명백한 침식증과 밤에 탄산 청량음료를 소비하는 것, 구강내에서 음료가 머무르는 시간 사이에 유의한 상관성이 있었다고 하였고, Harding 등¹¹⁾은 상아질 또는 치수를 침

교신저자 : 이 광 희

전북 익산시 신용동 344-2

원광대학교 치과대학 소아치과학교실

Tel : 063-850-1955~7

E-mail : kwhlee@wonkwang.ac.kr

범한 침식증과 유의한 연관성이 있는 변인은 사회경제수준이 낮은 경우와 과즙음료와 탄산음료 소비가 많은 경우이었다고 하였다.

산성 음료에 들어있는 두 가지 주요 산은 구연산과 인산으로서, 이 중에서 구연산이 음료에 가장 많이 첨가되며, 구연산은 인산보다 침식력이 훨씬 더 크다¹²⁾. 구연산은 감귤류의 과실에 함유되어 있는 산으로서, 스포츠 음료에 신선한 맛을 주기 위해 첨가되며, pH가 상승한 후에도 법랑질내 칼슘과 착염을 형성하는 효과가 지속되기 때문에 탈회 효과가 커서 침식증을 잘 일으킨다¹³⁾. Kunzel 등¹⁴⁾은 쿠바의 어린이들에서 침식증의 발생빈도와 감귤류 농장의 인접도 사이에 정 상관성이 있었음을 보고 하였다.

우리나라 어린이와 청소년들의 산성 음료 섭취 실태는 2000년도에 조사된 바에 따르면 주 5회, 1회 평균 250ml 캔 1.7개를 마시는 것으로 보고되었다¹⁵⁾. 국내 연구를 보면, 장¹⁶⁾은 치아를 콜라, 사이다, 오렌지 주스에 5분간 담근 후 경도 감소를 관찰하였고, 김¹⁷⁾은 콜라에 5분간 탈회된 시편이 구강내에서 48시간 경과 후에도 원래의 경도로 회복되지 못하였다고 하였으며, 안 등¹⁸⁾은 25개 시중 음료의 대부분이 침식증을 일으킬 수 있는 산성 음료이며 산성 음료로 말미암은 침식증의 발생에 비해 불소와 타액에 의한 재광화는 상대적으로 느리게 일어난다고 보고하였다.

한편, 산성 음료의 치아침식력을 억제하기 위하여 음료에 특정 성분을 첨가하는 방법이 연구되어 왔다. 불소는 탈회된 치아의 재광화에 효과가 있지만, 마시는 음료에 안전하게 첨가할 수 있는 재료는 칼슘이다¹⁹⁾. 영국에서 진행된 일련의 연구에서, Hughes 등²⁰⁾ 및 West 등²¹⁾은 생체의 및 생체내에서, 칼슘을 첨가한 과일주스의 침식력이 감소하였음을 관찰하였고, Hughes 등²²⁾은 산성 과일 음료의 소비는 2년 내지 20년 동안 법랑질 1mm의 상실을 초래할 수 있으나 칼슘을 첨가한 black-currant 음료의 경우는 100년을 초과할 것이라는 분석을 하였으며, Hughes 등²³⁾은 구연산용액에서 칼슘농도를 증가시켰을 때 침식증이 감소하였고 높은 pH에서 효과가 가장 뚜렷하였다고 보고하였다.

이상을 요약하면, 치아침식증의 주된 발생요인은 산성 음료로서, 산성 음료 내에 주로 포함되어 있는 산은 구연산이며, 산성 음료에 의한 치아침식을 억제하기 위해 음료에 첨가할 수 있는 물질은 칼슘임을 알 수 있다. 그러나, 구연산의 농도별 치아 침식력과 칼슘의 농도별 침식억제력에 관한 정량적 연구는 국내외적으로 아직 희소하다.

이에 저자는, 산성 음료의 치아침식증 유발력을 감소시키기 위한 연구의 일환으로, 다양한 농도의 구연산용액의 치아침식증 유발력 및 구연산용액에 첨가되는 칼슘의 농도에 따른 치아 침식증 발생 억제효과에 대하여 생체의 실험을 통해 연구하여 그 결과를 보고한다.

II. 연구재료 및 방법

가. 법랑질 시편 제작

치열교정을 위해 발거한 소구치에서, 치아우식증이나 색소, 손상, 부착물이 없는 평활면으로부터 3mm×3mm 넓이로 법랑질 시편을 잘라내어, 법랑질 표면이 위로 나오도록 레진피에 매몰하여 법랑질 시편 64개를 제작하였다.

연마기(Metaserv grinder-polisher, Buehler, Germany)로 300grit에서 1200grit까지 순차적으로 연마한 다음, 미세경도측정기(MHT-10, Anton Parr, Austria)로 Vickers 경도를 하중 400g을 5초간 부여하는 조건으로 각 시편의 탈회전 표면 미세경도를 측정하였다. 시편의 중앙 부위를 3회 이상 측정하되, 측정치 간의 차이가 10 VHN(Vickers Hardness Number) 이상 벌어지는 경우에는 그 이내의 값이 세 개가 될 때까지 반복 측정하였다.

측정된 경도 값의 크기에 따라 시편을 순서대로 배열한 후, 실험군 1부터 실험군 16까지 차례로 배정하고 다시 실험군 16부터 실험군 1까지 차례로 배정하는 것을 반복하여 16개 실험군에 시편을 4개씩 배정하였다. SPSS 프로그램의 분산분석 및 최소유의차 사후검정(ANOVA & LSD post hoc test)을 통해, 실험군간 평균치의 차이가 유의하지 않음을 확인하였다(P>0.05).

나. 탈회용액 제조

무수구연산(citric acid anhydrous, Sigma, USA) 0.3g, 0.9g, 1.5g, 3g을 증류수 300ml에 각각 용해시켜 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1% 구연산용액을 제조하고, pH meter로 pH를 3회 반복 측정하였다. 각 구연산용액 100ml에 염화칼슘(calcium chloride dihydrate, Sigma, USA: CaCl₂ · 2H₂O, 분자량 147) 734mg을 용해시켜 0.2% 칼슘 구연산용액을 제조하고, 같은 농도의 구연산용액으로 희석하여 차례로 0.1% 및 0.05% 칼슘 구연산용액을 제조하였다.

다. 탈회 및 표면미세경도 측정

각 용액 50ml에 소구치 시편을 4개씩 넣고 37°C에서 60분간 탈회시키면서, 5분, 15분, 30분, 60분 후에 각각 꺼내어 물로 씻은 후 위와 동일한 방법으로 표면미세경도를 측정하였다.

라. 자료 분석

SPSS 프로그램의 분산분석 및 최소유의차 사후검정(ANOVA & LSD post hoc test)과 대응표본간 t검사를 통해, 구연산 농도별, 칼슘농도별, 탈회 시간별 평균 경도를 산출하고 평균간 차이의 유의성을 분석하였다.

Ⅲ. 연구성적

가. 탈회용액의 pH

구연산 0.1% 용액의 pH는 3.50이었고, 0.3%는 3.21, 0.5%는 3.03, 1.0%는 2.91이었다.

나. 구연산 농도 및 칼슘농도에 따른 탈회 후 경도 변화 (Table 2, 3)

탈회전 경도는 361.38~367.20 VHN의 분포를 보였고, 16개 실험군 사이에 유의한 차이가 없었다(P>0.05).

전체적으로 볼 때, 구연산 농도가 높을수록, 탈회시간이 길수록, 칼슘농도가 낮을수록 탈회후 경도가 하락하였다. 탈회 5분 후 경도는 칼슘 무첨가의 경우에 76~90%이었고 칼슘 첨가에 따른 5분간의 탈회억제량은 2~15%이었다. 탈회 15분 후 경도는 칼슘 무첨가의 경우에 65~84%이었고 칼슘 첨가에 따른 15분간의 탈회억제량은 3~17%이었다. 탈회 30분 후 경도는 칼슘 무첨가의 경우에 53~72%이었고 칼슘 첨가에 따른 30분간의 탈회억제량은 6~22%이었다. 탈회 60분 후 경도는 칼슘 무첨가의 경우에 43~66%이었고 칼슘 첨가에 따른 60분간의 탈회억제량은 7~19%이었다. 탈회후 경도는 탈회시간별로 모두 유의한 차이가 있었고, 같은 칼슘농도의 경우 구연산 농도에 따라 모두 유의한 차이가 있었으며, 같은 구연산 농도의 경우 칼슘농도에 따라 모두 유의한 차이가 있었다(P<0.05).

탈회억제량의 분포를 전체적으로 보면, 구연산 농도에서는 1.0%에서 가장 크게 나타났고, 칼슘농도에서는 0.2%에서 가장 크게 나타났으며, 탈회시간에서는 0.1% 구연산용액에서는 탈회시간이 증가함과 더불어 탈회억제량도 함께 커지는 경향을 보였으나, 0.3% 이상의 구연산용액에서는 30분에 가장 크고 60분에 약간 감소하는 경향을 보였다.

Table 1. pH of demineralizing solution

Citric acid	pH
0.1%	3.50
0.3	3.21
0.5	3.03
1.0	2.91

Table 2. Effect of calcium on demineralization of human premolar enamel surface by citric acid *in vitro*

Citric acid	Calcium	Demineralization time (min.)				
		0	5	15	30	60
0.1%	0 %	363.93±4.93 [#]	326.95±1.28	304.13±2.55	262.73±3.69	241.28±4.83
	0.05	363.85±4.81	334.98±2.35	315.48±1.31	285.10±0.80	266.65±3.24
	0.1	363.60±4.52	343.78±1.12	323.23±1.28	310.23±2.33	284.90±4.77
	0.2	363.20±4.53	354.15±3.13	333.25±1.57	323.80±1.69	308.28±2.70
0.3%	0 %	362.95±4.45	315.70±1.82	281.40±2.95	246.13±2.00	220.40±2.44
	0.05	362.70±4.71	324.80±2.03	295.35±2.11	268.73±6.48	236.73±5.16
	0.1	362.53±4.62	334.20±1.75	312.53±1.68	283.30±2.04	253.38±2.69
	0.2	361.38±6.11	349.23±1.30	323.33±0.91	314.93±2.66	286.25±5.13
0.5%	0 %	367.20±7.65	303.45±1.60	259.10±2.38	212.85±2.97	177.38±9.46
	0.05	366.05±5.83	314.78±1.87	281.38±8.64	239.90±0.77	199.40±3.37
	0.1	365.70±5.60	323.90±2.74	296.53±2.79	262.38±5.69	216.38±3.32
	0.2	365.50±5.29	344.65±4.82	311.15±3.58	288.43±2.66	241.43±9.31
1.0%	0 %	365.30±5.16	278.33±3.80	237.25±2.65	192.73±2.62	155.53±2.54
	0.05	365.08±4.91	303.53±3.95	263.13±3.69	220.65±4.17	183.65±4.46
	0.1	364.73±4.83	317.50±1.10	282.73±1.66	245.63±0.55	199.70±1.21
	0.2	364.38±5.12	330.48±3.37	297.88±1.16	274.43±3.39	224.33±4.38

[#] : Vickers Hardness Numbers (Mean±SD). Differences between values in rows (t-test) and between values of same citric acid % or same calcium % in columns except demineralization time 0 min. (ANOVA & LSD) are all significant (P<0.05).

Table 3. Inhibition of demineralization by calcium (%)

Citric acid	Calcium	Demineralization time (min.)				
		0	5	15	30	60
0.1%	0 %	100	90 ^a	84	72	66
	0.05	100	92 +2 ^b	87 +3	78 +6	73 +7
	0.1	100	95 +5	89 +5	85 +13	78 +12
	0.2	100	98 +8	92 +8	89 +17	85 +19
0.3%	0 %	100	87	78	68	61
	0.05	100	90 +3	81 +3	74 +6	65 +4
	0.1	100	92 +5	86 +8	78 +10	70 +9
	0.2	100	97 +10	89 +11	87 +19	79 +18
0.5%	0 %	100	83	71	58	48
	0.05	100	86 +3	77 +6	66 +8	54 +6
	0.1	100	89 +6	81 +10	72 +14	59 +11
	0.2	100	94 +11	85 +14	79 +21	66 +18
1.0%	0 %	100	76	65	53	43
	0.05	100	83 +7	72 +7	60 +7	50 +7
	0.1	100	87 +11	78 +13	67 +14	55 +12
	0.2	100	91 +15	82 +17	75 +22	62 +19

^a : percentage to value of demineralization time 0 min.; ^b : difference from value of calcium 0%

IV. 총괄 및 고찰

침식이나 탈회가 일어난 치아의 재광화를 위하여 구강위생용품에 사용할 수 있는 재료는 비교적 다양하고 그 농도 또한 상당히 자유롭게 조절할 수 있으나, 식품의 치아침식증 유발력을 억제하기 위한 목적으로 특정 성분을 식품에 첨가하는 것은 첨가물의 선정이나 그 농도의 조절이 매우 조심스러운 일이다. 지금까지 연구된 바에 따르면, 치아침식증 발생을 억제하기 위하여 식품에 안전하게 첨가할 수 있는 물질은 필수영양소이자 치아의 구성 성분인 칼슘이다¹⁹⁻²³⁾.

한국인 1일 영양권장량(2000년도 제 7차 개정판)에서 칼슘은 4-6세가 600mg, 7-9세가 700mg, 10-12세가 800mg, 13-19세가 남자 900mg, 여자 800mg, 20세 이상은 700mg이다²⁴⁾. 일반우유의 칼슘농도는 약 100mg/100ml로서 0.1%, 1000ppm에 해당하며, 고칼슘우유의 칼슘농도는 일반우유의 2배로서 200mg/100ml, 즉 0.2%, 2000ppm에 해당한다. 하루에 필요한 칼슘을 우유만으로 섭취한다고 가정하면, 10대 청소년은 하루에 일반우유 800ml나 고칼슘우유 400ml 이상을 섭취해야 할 것이다. 인체타액의 칼슘농도는 1~2mmol로 알려져 있으며²⁵⁾, 이것은 40~80ppm에 해당한다. 과일주스에 칼슘을 첨가한 연구들²⁰⁻²²⁾에서 사용된 칼슘농도는 200, 350, 400, 480ppm으로서 0.02~0.048%이다.

한편, 탈회용액으로서 구연산용액의 농도는 연구자에 따라 0.34²²⁾~1%²⁶⁾가 사용되었다. 저자의 연구에서는 구연산용액의

농도를 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1.0%로 하였고, 칼슘의 농도를 0%, 0.05%, 0.1%, 0.2%로 하였다. 칼슘농도 0.05%는 선행 연구들²⁰⁻²³⁾에서 시도된 농도 중 가장 높은 수준인 480ppm과 비슷한 수준이며, 0.1%는 일반우유의 칼슘농도와 같고, 0.2%는 고칼슘우유의 칼슘농도와 같은 것으로서, 그 수준까지 칼슘의 첨가량을 늘이는 데에는 무리가 없다고 생각되었다. 예를 들어, 고칼슘우유 한 팩(340ml)을 마시면 하루 권장량에 가까운 700mg 가량의 칼슘을 섭취하게 된다. 우리나라의 13-19세 청소년의 칼슘 섭취량은 권장량의 54.8%에 불과해 심각하게 부족한 것으로 보고되었다²⁷⁾.

저자의 연구에 사용된 칼슘화합물의 종류는 염화칼슘으로서, 물에 매우 잘 녹는다는 것이 실험에 편리하기 때문에 선택되었다. 일반적으로 염화칼슘은 도로의 동결방지제로 알려져 있으나, 의료용으로는 링게르액 등에 포함되어 있으며 가장 흡수가 빠른 칼슘 주사제로 사용된다²⁸⁾. 또한, 치과분야에서는 인공타액의 칼슘성분으로 흔히 사용된다. 염화칼슘이 인체에 해롭지 않음은 분명하나, 고농도의 염화칼슘을 음료에 첨가할 경우 음료의 맛에 대한 영향이나 음료내 다른 성분들과의 조화성 및 소화기관에 대한 영향 등에 대하여는 더 연구가 필요할 것이다.

다양한 종류의 칼슘화합물이 식품첨가제로서 사용되고 있으며, 그중에 대표적인 것은 유산칼슘(calcium lactate)이다. Kashket와 Yaskell^{29,30)}은 유산칼슘을 단 맛의 과자 또는 설탕용액에 첨가하였을 때 치아의 탈회가 감소하였다고 보고하였다. 국내에서 최근에 개발된 고칼슘 오렌지주스에 첨가된 칼슘

은 제조회사 자체의 설명에 따르면 유산칼슘, 구연산산호칼슘, 해조류칼슘으로서, 음료 500ml에 525mg의 칼슘이 함유되어 있어 칼슘농도가 약 0.1%에 해당한다³¹⁾. 산성 음료에 첨가하기에 적합한 칼슘화합물의 종류와 적정 농도에 대하여는 더 많은 연구가 필요할 것이다.

저자의 연구에서는 침식 또는 탈회의 정도를 정량적으로 측정하기 위하여 법랑질 표면의 미세경도를 측정하였다. 처음에는 다양한 원인으로 발견된 연구치들을 모은 후에 법랑질 시편을 제작하고 실험하였으나, 시편간 편차가 너무 심하게 나타나서 결과를 신뢰할 수 없었다. 시편의 균질성을 제고하기 위하여 치열교정을 목적으로 발견한 소구치들만 모아서 시편을 제작하고 실험을 다시 하였다. 미세경도측정방법은 탈회가 많이 진행된 경우에 정확한 측정이 어려워지는 단점이 있었고, 동일시편 내에서도 부위에 따라 측정치에 차이가 많이 나는 문제점이 있었다. 앞으로는 보다 정밀하게 법랑질 표면의 탈회량을 측정할 수 있는 기술이 필요하리라고 본다.

연구성적(Table 2, 3)을 보면, 칼슘이 첨가되지 않은 1.0% 구연산용액에서 60분간 탈회시킨 경우에 경도가 43%까지 감소하였고 칼슘이 첨가되지 않은 0.1% 구연산용액에서는 66%까지 감소하였다. 이 정도의 탈회량은 칼슘 첨가에 따른 탈회억제를 측정하기에 충분하다고 판단되어 그 이상의 탈회를 하지 않았다. 칼슘 첨가에 따른 탈회의 억제량은 칼슘농도가 높아질수록, 구연산 농도가 높아질수록 커지는 경향을 보였다. 탈회시간별로는 0.1% 구연산용액에서는 탈회시간이 5분, 15분, 30분, 60분으로 증가함과 더불어 탈회억제량도 함께 커지는 경향을 보였으나, 0.3% 이상의 구연산용액에서는 30분에 가장 크고 60분에 약간 감소하는 경향을 보였다. 0.2% 칼슘이 첨가된 1.0% 및 0.5% 구연산용액에서 30분간 탈회한 경우에 각각 22% 및 21%의 가장 큰 탈회억제량이 관찰되었다.

금번 연구는 단순한 조건 하에 시행된 생체의 연구로서, 실제로 산성 음료를 섭취할 때 구강내에서 일어나는 현상과는 많은 차이가 있다. 산성 음료의 치아침식증 유발력은 음료내 다른 성분들에 의한 완충작용, 섭취방법, 섭취횟수, 타액에 의한 희석과 타액성분에 의한 억제작용, 구강위생상태 등 많은 조건들에 의해 영향을 받는다. 대부분의 시중 음료가 산성 음료이고 가장 많이 첨가되는 산이 구연산이라는 점과, 산성 음료의 치아침식증 유발력을 감소시키기 위해 안전하게 첨가될 수 있는 가장 효과적인 성분이 칼슘이라는 점을 고려할 때, 구연산용액의 농도와 첨가되는 칼슘의 농도에 따른 탈회양상을 정량적으로 관찰한 이 연구의 결과는 후속 연구를 위한 지침과 참고자료로서 의미가 있을 것이다.

V. 결 론

산성 음료의 치아침식증 유발력을 감소시키기 위한 연구의 일환으로, 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1.0% 구연산용액의 5분, 15분, 30분, 60분간의 사람 소구치 법랑질의 치아침식증 유발력

및 구연산용액에 첨가되는 칼슘 0.05%, 0.1%, 0.2%에 따른 치아침식증 발생 억제효과를 표면미세경도를 측정하여 연구하였다.

전체적으로 볼 때, 구연산 농도가 높을수록, 탈회시간이 길수록, 칼슘농도가 낮을수록 탈회후 경도가 하락하였다. 탈회 5분 후 경도는 칼슘 무첨가의 경우에 76~90%이었고 칼슘 첨가에 따른 5분간의 탈회억제량은 2~15%이었다. 탈회 15분 후 경도는 칼슘 무첨가의 경우에 65~84%이었고 칼슘 첨가에 따른 15분간의 탈회억제량은 3~17%이었다. 탈회 30분 후 경도는 칼슘 무첨가의 경우에 53~72%이었고 칼슘 첨가에 따른 30분간의 탈회억제량은 6~22%이었다. 탈회 60분 후 경도는 칼슘 무첨가의 경우에 43~66%이었고 칼슘 첨가에 따른 60분간의 탈회억제량은 7~19%이었다. 탈회억제량의 분포를 전체적으로 보면, 구연산 농도에서는 1.0%에서 가장 크게 나타났고, 칼슘농도에서는 0.2%에서 가장 크게 나타났으며, 탈회시간에서는 0.1% 구연산용액에서는 탈회시간이 증가함과 더불어 탈회억제량도 함께 커지는 경향을 보였으나, 0.3% 이상의 구연산용액에서는 30분에 가장 크고 60분에 약간 감소하는 경향을 보였다.

이상의 결과는 구연산에 의한 치아침식증 발생에 칼슘이 억제효과를 나타낼 수 있음을 시사한다.

참고문헌

1. Moss SJ : Dental erosion. *Int Dent J*, 48:529-539, 1998.
2. Shaw L, O'Sullivan E : Diagnosis and prevention of dental erosion in children. *Int J Paediatr Dent*, 10:356-365, 2000.
3. Linnett V, Kim Seow W : Dental erosion in children: A literature review. *Pediatr Dent*, 23:37-43, 2001.
4. West NX, Hughes JA, Addy M : Erosion of dentine and enamel *in vitro* by dietary acids: the effect of temperature, acid character, concentration and exposure time. *J Oral Rehabil*, 27:875-880, 2000.
5. 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.
6. 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.
7. Moazzez R, Smith BG, Bartlett DW : Oral pH and drinking habit during ingestion of a carbonated drink in a group of adolescents with dental erosion. *J Dent*, 28:395-397, 2000.
8. 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.
9. Al-Malik MI, Holt RD, Bedi R : The relationship between erosion, caries and rampant caries and dietary habits in preschool children in Saudi Arabia. *Int J Paediatr Dent*, 11:430-439, 2001.
 10. Al-Majed I, Maguire A, Murray JJ : Risk factors for dental erosion in 5-6 year old and 12-14 year old boys in Saudi Arabia. *Community Dent Oral Epidemiol*, 30:38-46, 2002.
 11. Harding MA, Whelton H, O' Mullane DM : Dental erosion in 5-year-old Irish school children and associated factors: a pilot study. *Community Dent Health*, 20:165-170, 2003.
 12. West NX, Hughes JA, Addy M : The effect of pH on the erosion of dentine and enamel by dietary acids *in vitro*. *J Oral Rehabil*, 28:860-864, 2001.
 13. Jarvinen V, Rytomaa I, Heinonen O : Risk factors in dental erosion. *J Dent Res*, 70:942-947, 1991.
 14. Kunzel W, Cruz MS, Fischer T : Dental erosion in Cuban children associated with excessive consumption of oranges. *Eur J Oral Sci*, 108:104-109, 2000.
 15. 한국소비자보호원 보도자료, 2000. 6. 9. (www.cpb.or.kr)
 16. 장기택 : 수증 음료수의 범랑질과 상아질 침식에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 24:719-726, 1997.
 17. 김정옥 : 산성 음료수에 의한 범랑질 침식과 구강내 재경화에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 25:312-319, 1998.
 18. 안호영, 이광희, 김대업 : 산성 음료에 의한 범랑질의 침식과 인공타액에 의한 재광화. *대한소아치과학회지*, 29:84-91, 2002.
 19. Grenby TH : Lessening dental erosive potential by product modification. *Eur J Oral Sci*, 104(2(Pt 2)):221-228, 1996.
 20. Hughes JA, West NX, Parker DM, et al. : Development and evaluation of a low erosive black-currant juice drink *in vitro* and *in situ*. 1. Comparison with orange juice. *J Dent*, 27:285-289, 1999.
 21. West NX, Hughes JA, Parker DM : Development and evaluation of a low erosive blackcurrant juice drink. 2. Comparison with a conventional blackcurrant juice drink and orange juice. *J Dent*, 27:341-344, 1999.
 22. Hughes JA, West NX, Parker DM, et al. : Development and evaluation of a low erosive black-currant juice drink. 3. Final drink and concentrate, formulae comparisons *in situ* and overview of the concept. *J Dent*, 27:345-350, 1999.
 23. 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.
 24. 한국영양학회 : 한국인 영양권장량(제7차개정), 편집부 편, 2001.
 25. Cole AS, Eastoe JE : *Biochemistry and Oral Biology*, 3rd ed, Wright, p478, 1988.
 26. 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.
 27. 제2회 국민건강·영양조사(2001), 보건복지부, 2003.
 28. 동아원색세계대백과사전, '염화칼슘', 동아출판사, p86, 1987.
 29. Kashket S, Yaskell T : Effectiveness of calcium lactate added to food in reducing intraoral demineralization of enamel. *Caries Res*, 31:429-433, 1997.
 30. Kashket S, Yaskell T : Effect of timing of administered calcium lactate on the sucrose-induced intraoral demineralization of bovine enamel. *Arch Oral Biol*, 37:187-191, 1992.
 31. 웅진식품 홈페이지(<http://www.wjfood.co.kr/11000/11380.asp>)

Abstract

EFFECT OF CITRIC ACID AND CALCIUM ON DENTAL EROSION

In-Gyeong Song, Kwang-Hee Lee, Dae-Eup Kim, Young-Sook Yang

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

The purpose of study was to observe the effect of calcium and citric acid on the dental erosion of human premolar enamel. Enamel specimens were demineralized in 0.1%, 0.3%, 0.5%, or 1.0% citric acid solutions with 0.05%, 0.1%, or 0.2% calcium for 5, 15, 30, and 60 minutes, and then the surface microhardness of the enamel was measured. The hardness decreased as the concentration of citric acid and the demineralization time increased. Hardness after 5 minutes was 76~90% in case of no calcium and the inhibition of dental erosion by calcium addition was 2~15%. Hardness after 15 minutes was 65~84% in case of no calcium and the inhibition of dental erosion by calcium addition was 3~17%. Hardness after 30 minutes was 53~72% in case of no calcium and the inhibition of dental erosion by calcium addition was 6~22%. Hardness after 60 minutes was 43~66% in case of no calcium and the inhibition of dental erosion by calcium addition was 7~19%. The inhibition was the highest in 1.0% citric acid and 0.2% calcium. In 0.1% citric acid the inhibition increased as the demineralization time increased, but in 0.3% to 1.0% citric acid the inhibition was most high at 30 minutes and decreased a little at 60 minutes. These results suggest that calcium has a inhibitory effect on the citric acid induced dental erosion.

Key words : Citric acid, Calcium, Dental erosion, Surface microhardness