

Cariogenic Potential of Nutritional Supplements for Children on Bovine Teeth

Narang Heo, Kwanghee Lee, Soyoun An, Jihyun Song, Jiyoung Ra

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University

Abstract

An in vitro study on cariogenic potential of four over-the-counter nutritional supplements for children was performed. The experimental groups were four over-the-counter nutritional supplements. The positive control group was 10% sucrose solution (S), and the negative control group was artificial saliva (T). The pH of each group, the buffering capacities, acid production, the microhardness changes of the bovine teeth specimens were measured.

The pH of all experimental groups were lower than critical pH 5.5 where enamel demineralization starts. The buffering capacity of the Hama Vitamin Pharm (Hamsosa Pharm Co., Korea) was highest, and the Smart Chewable Vitamin A (JW Pharm Co., Korea) had the lowest buffering capacity. The reduction rates of the pH of the experimental groups were significantly higher than that of the negative control group ($p < 0.05$). The microhardness of enamel of all experimental groups and the positive control group significantly decreased. In contrast, the microhardness of enamel of the negative control group significantly increased after experiment ($p < 0.05$). The reduction rate of the microhardness of enamel of the Hama Vitamin Pharm (Hamsosa Pharm Co., Korea) was significantly higher and Hikid Plus (Sanga Pharm Co., Korea) was significantly lower than the other experimental groups.

Key words: Nutritional supplements, Cariogenic potential, Erosion of bovine tooth, pH cycling model

1. 서 론

치아 우식증은 아동기에서 가장 흔한 만성적 질환이며, 구강과 전신 건강에 많은 영향을 미친다¹⁾. 우식과 식이 요인 간의 상관관계는 많은 연구를 통해 이미 밝혀졌지만 식이 자체만으로는 우식을 유발하지 않는다. 그러나 산성 식품을 섭취하면 침식과 탈회를 유발할 수 있기 때문에, 구강 치태 세균이 당 대사를 통해 산을 생산하기 위해 이용하는 발효성 탄수화물을 포함한 식품은 잠재적으로 우식 발생 위험성을 가진다. 자당뿐만 아니라 그 외 모든 종류의 발효성 탄수화물이 산을 생성할 수 있다. 거의 대부분의 식품, 사탕, 스낵, 음료 등 아니라 자당이 함유된 건강기능식품 역시 잠재적 우식 위험 요소에 해당된다.

현대사회에서는 영양의 불균형, 불규칙한 식생활, 인구의 고령화 등으로 일상 식생활에서 영양이 부족하기 쉬운데 그것을 위해 현대인들은 건강기능식품을 통해 부족한 영양을 공급하기도 한다. 건강기능식품은 국민의 영양 상태를 개선하여 국민의 건강을 증진시키고 삶의 질을 향상시키는 데 도움을 줄 수 있다²⁾. 그에 따라 현대 사회에서는 성장기 자녀의 영양관리를 위해 가정에서 건강기능식품을 제공하는 경우가 증가하고 있다³⁾.

우리나라에서 조사된 성장기 아동과 청소년의 일반의약품용 비타민· 무기질 보충제의 섭취율은 3~7세 미취학 아동의 경우 34%⁴⁾, 초등학교의 경우 33%⁵⁾이었다. 건강기능식품 섭취율은 대전지역 학령기 아동은 63%⁶⁾, 전국 청소년은 48%⁷⁾로 보고되었다. 김 등의 연구에서는 초등학교의 건강기능식품 섭취율

Corresponding author : Jiyoung Ra

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University, 895 Muwang-ro, Iksan, Jeollabuk-do, 570-711, Korea

Tel: +82-63-859-2955 / Fax: +82-63-851-5324 / E-mail: pedoijy@wku.ac.kr

Received April 24, 2014 / Revised August 6, 2014 / Accepted August 7, 2014

※ This study was supported by research fund from Wonkwang University, 2012.

이 45.9%로, 초등학생 약 2명 중 1명이 건강기능식품을 섭취하고 있어 초등학생 사이에 건강기능식품 섭취가 일반화되어 있음을 알 수 있다³⁾.

어린이용 건강기능식품은 어린이들이 쉽게 먹을 수 있도록 대부분 자당을 함유하고 씹어먹는 형태이기 때문에, 삼키는 건강기능식품보다 구강 내 잔류시간이 길다. 또한 건강기능식품은 장기간 규칙적으로 섭취하는 경우가 많아 구강건강에 영향을 줄 수 있다.

식이와 치아 우식증 간의 관련성에 관한 대부분의 연구는 음료와 간식, 이유식 등을 대상으로 했다. 현재 건강기능식품과 치아 우식증의 관련성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 건강기능식품 어린이용 영양제 4종을 대상으로 하여 완충능, 산생성능, 탈회능 등의 요인으로 구분하여 우치를 이용한 생체 외 실험을 통해 어린이용 영양제의 종합적인 우식 유발능에 대하여 알아보고자 하는 것이다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 어린이용 영양제의 선정

씹어 먹는 어린이용 영양제 중 시중에서 쉽게 구입할 수 있는 건강기능식품 Smart Chewable Vitamin A(JW Pharm Co., Korea), Hikid Plus(Sanga Pharm Co., Korea), Hama Vitamin Pharm(Hamsoa Pharm Co., Korea), Hemoteenteen Kid(Ildong Foodis, Korea) 4종을 임의로 선정하였다(Table 1). 양성 대조군으로 10% 자당을 제조하였고, 음성대조군으로는 인공타액(Taliva, Hanlim Pharm Co., Korea)을 사용하였다. 인공타액 100 mL 당 조성은 1 g carboxymethyl-cellulose, 84 mg NaCl, 120 mg KCl, 15 mg CaCl₂, 5 mg MgCl₂, 34 mg K₂HPO₄이며 pH는 7.0이다.

2. 자체 산도 검사

어린이용 영양제 4종 및 대조군 2종 20 mL의 pH를 pH meter(Digital pH meter, Hanna Instruments, Italy)로 측정하였다. 각 군당 3회씩 측정 후 평균값을 구하였다.

3. 완충능 검사

어린이용 영양제 2.5 g을 증류수 50 mL에 용해한 용액과

10% 자당 용액 50 mL를 pH 7.0까지 적정하는데 소요된 0.1 N NaOH의 부피로써 완충능을 측정하였다.

4. 산생성능 검사

어린이용 영양제 4종 및 대조군 2종 용액 10 mL와 brain heart infusion broth(BHI, Difco, U.S.A.) 10 mL를 균일하게 혼합하여 멸균된 tube에 넣고 *S. mutans* 배양액 1 mL를 첨가하였다. 이 용액을 37°C에서 12시간 배양하였으며, 2시간마다 배양 후 변화된 pH를 pH meter(Digital pH meter, Hanna Instruments, Italy)로 3회 측정하여 평균값을 구하였다.

5. 우치 법랑질 침식능 검사

1) 우치 법랑질 시편 제작 및 pH 순환 모델 적용

우식 및 변색이 없으며 표면이 매끈하고 건전한 법랑질을 지닌 소의 영구 전치 치관의 순측 법랑질 표면이 노출되게 지름 10 mm × 높이 5 mm 원통 모양의 아크릴릭 레진에 포매하였다. 시편의 법랑질 면을 400, 600, 800, 1200 grit 순으로 편평하게 연마하고, 인공타액에 24시간동안 보관한 후 실험을 시행하였다.

오전 9시, 오후 5시경 어린이용 영양제 4종 및 대조군 2종 10 mL에 우치 법랑질 시편을 20분간 담근 후 증류수로 씻어내고 인공 타액에 보관하였다. 총 8일간 시행하였고, 용액은 매일 교환하였다.

2) 표면미세경도 측정

미세경도측정기(MHT-10, Anton Parr, Austria)를 이용하여 200 gm의 하중으로 10초간 압인하여 시편의 중앙 부위를 VHN로 측정하였다. 각 군당 10개씩 순서대로 배정하여 총 시편의 경도가 비슷하게 하였다. SPSS 프로그램의 분산 분석 및 최소 유의차 사후 검정(ANOVA & LSD post hoc test)을 통해 실험군간 평균치의 차이가 유의하지 않았음을 확인하였다($p > 0.05$).

8일간의 pH 순환 모델을 이용한 실험을 시행 후 각 시편의 동일부위에서 표면미세경도를 측정하였다. 실험 전후 표면미세경도의 차이를 배양 전 VHN을 기준으로 나누어 표면미세경도의 감소율을 구하였다.

Table 1. Classification of experimental and control groups

Product name	Chief ingredient	Sugar	Alternative sweetener
Smart Chewable Vitamin A (SC)	vitamin A	glucose	xylitol, sorbitol
Hikid Plus (HP)	calcium	glucose	sorbitol, erythritol
Hama Vitamin Pharm (HV)	vitamin B1	lactose	xylitol, mannitol
Hemoteenteen Kid (HK)	iron	lactose	xylitol, erythritol
10% sucrose (S)	Sucrose, DW		
Taliva spray (T)	Calcium chloride, etc		

6. 통계 분석

본 연구의 통계 처리를 위하여 SPSS 11.5 프로그램을 이용하였다. 분산 분석(ANOVA)을 통해 군 간의 차이를 검정하였고, 최소 유의차 검정법(LSD)으로 사후 검정하였다. 8일 동안 pH 순환 처리된 시편에 대해 처리 전후의 법랑질 표면의 경도 변화를 대응표본 t-검정(Paired t-test)을 이용하여 분석하였다($p = 0.05$).

Ⅲ. 연구 성적

1. 자체 산도

어린이용 영양제의 산도 검사 결과 실험군 4종의 평균 pH는 4.14이며 HV가 pH 3.60으로 가장 낮았고, HP가 pH 4.80으로 가장 높았다. 양성 대조군인 S는 pH 6.30이며, 실험군 4개의 pH 모두 탈회 임계 pH인 5.5보다 낮았다(Fig. 1).

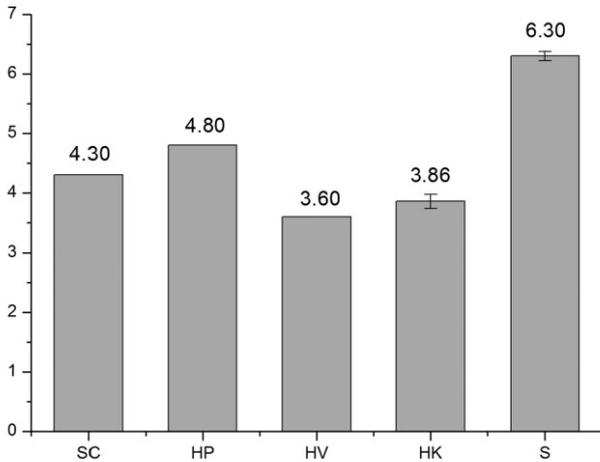


Fig. 1. pH of experimental and control groups. The pH of all experimental groups were lower than critical pH 5.5 at which point enamel demineralization starts.

2. 완충능

완충능은 pH 7.0까지 이르는데 필요한 0.1 N NaOH 양으로 정의하였을 때, 실험군 4종의 평균값은 6.68 mL이고 HV가 11.01 mL로 나머지 실험군과 양성 대조군인 S보다 유의하게 큰 값이 나타났다($p < 0.05$). 가장 작은 값을 나타낸 SC는 2.94 mL로 나머지 실험군보다 유의하게 작았으며($p < 0.05$), 양성 대조군인 S의 완충능은 0.019 mL였다(Fig. 2).

3. 산생성능

어린이용 영양제의 산생성능 검사 결과 12시간 이후에는 모든 제품이 pH 5.5 이하의 산도를 나타냈다. 배양 전후 실험군의 평균 pH 감소율은 24.06%였으며, 가장 큰 군은 HP로 26.56%이고 가장 작은 군은 HV로 20.58%였다. 4개의 실험군은 양성대조군인 S의 32.85%보다 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 음성 대조군인 타액을 넣은 경우는 18.57%의 감소율을 보여 4개의 실험군은 음성 대조군 T보다 유의하게 높은 값이 나타났다($p < 0.05$)(Table 2).

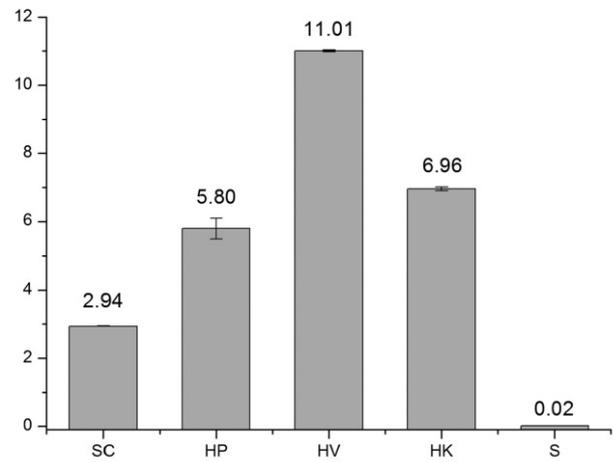


Fig. 2. Buffering capacity of experimental and control groups.

S = positive control group

One-way ANOVA test ($p < 0.05$)

* : Significantly lower buffering capacity than HV

a : Significantly higher buffering capacity than the SC

Table 2. pH difference of experimental and control group

Group	pH before Incubation	pH after Incubation	Reduction Rate (%)
SC	6.60 ± 0.00	5.03 ± 0.05	23.73 ± 0.87 ^{*a}
HP	6.40 ± 0.00	4.70 ± 0.00	26.56 ± 0.00 ^{*a}
HV	5.66 ± 0.05	4.50 ± 0.10	20.58 ± 0.81 ^{*a}
HK	6.30 ± 0.06	4.70 ± 0.00	25.39 ± 0.00 ^{*a}
S	7.00 ± 0.00	4.70 ± 0.00	32.85 ± 0.00
T	7.00 ± 0.00	5.70 ± 0.00	18.57 ± 0.00

S = positive control group, T = negative control group

One-way ANOVA test ($p < 0.05$)

* : Significantly lower reduction rate than S

a : Significantly higher reduction rate than T

Table 3. Demineralization of enamel of bovine tooth

Group	VHN before Demineralization	VHN after Demineralization	VHN Difference	Reduction Rate (%)
SC	383.75 ± 39.95	327.59 ± 21.41	56.15 ± 25.42*	14.23 ± 5.49 ^{ab}
HP	383.93 ± 40.94	364.23 ± 38.42	19.70 ± 10.01*	5.09 ± 2.46 ^a
HV	379.63 ± 39.40	214.52 ± 40.82	165.10 ± 53.60*	43.07 ± 11.84 ^b
HK	381.28 ± 38.96	306.36 ± 35.37	74.92 ± 15.50*	19.69 ± 4.07 ^{ab}
S	378.15 ± 39.95	353.63 ± 32.63	24.52 ± 16.62*	6.30 ± 3.96 ^a
T	373.13 ± 41.67	376.93 ± 40.91	(-)3.79 ± 17.93*	(-)1.17 ± 4.77

S = positive control group, T = negative control group

Paired t-test ($p < 0.05$)

* : Significantly different between before and after demineralization

One-way ANOVA test ($p < 0.05$)

a : Significantly lower reduction rate than HV

b : Significantly higher reduction rate than HP

4. 우치 법랑질 침식능(Table 3)

8일간 pH 순환 처리 후 법랑질 표면미세경도는 4종의 실험군과 양성 대조군 S에서 유의하게 감소하였고, 음성 대조군인 T는 오히려 유의하게 표면미세경도가 증가하였다($p < 0.05$). 어린이용 영양제의 우치 법랑질 침식능 검사에서 실험군의 실험 전후 평균 표면미세경도 감소율은 20.52%이고, 실험군 중에서 HV가 43.07%로 가장 높았고 나머지 실험군과 대조군보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). HP는 5.09%로 실험군 중에서 가장 낮았으며, 나머지 실험군과 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 양성 대조군인 S의 감소율은 6.30%로 HP를 제외한 3개의 실험군보다 낮았으며, 음성 대조군인 T는 오히려 1.17%만큼 유의하게 표면미세경도가 증가하였다($p < 0.05$)(Table 3).

Ⅳ. 총괄 및 고찰

본 연구에서 어린이용 영양제의 산도 검사 결과, 실험군 4종의 평균 pH는 4.14이며, HV가 pH 3.60으로 가장 낮았고 HP가 pH 4.80으로 가장 높았다. 양성 대조군인 S는 pH 6.30였다. 실험군 4개 모두 탈회 임계 pH인 5.5보다 낮은 결과를 보였다(Fig. 1). 이는 잦은 영양제 복용 시 낮은 pH로 인한 침식증이 발생할 수 있음을 알려준다.

Lingstrom 등⁸⁾은 치태의 pH가 점진적으로 내려가면 우식 활성도가 증가한다고 하였다. Van Ruyven 등⁹⁾은 우식이 많은 사람들의 치태는 낮은 pH(<4.4) 미생물로 구성되어 있다고 보고하였다. 치태 내 탄수화물 대사는 치아 우식이 진행되는 데 중요한 역할을 한다. 모든 대사된 탄수화물 중에서 자당은 가장 우식 유발능이 크다¹⁰⁾. 게다가 이런 다당류는 치아에 mutans streptococci 군집을 촉진시키고, 치태 기질의 조성을 변화시킨다. 그 결과, 치태 내 세포의 글루칸의 존재는 pH 저하 능력을 강화시킨다¹¹⁾. 생체 내에서 치태 산생성능이 증가하는 것은 자당이 풍부한 식이 섭취 후이다^{12,13)}. 낮은 치태 pH와 높은 우식

활성의 관계는 처음에 Stephan¹⁴⁾이 발견하였고, 다른 연구들을 통해 이 이론은 지속적으로 지지되었다¹⁵⁾. 이를 통해 임계 산도 이하인 경우가 많은 어린이용 영양제는 우식 유발성이 높다고 할 수 있다.

구강 내 타액에 산이 첨가됨에 따라 산도의 변화에 저항하는 능력을 완충능이라 하며, 산도에 대해 저항력이 약한 경우에는 치아우식증이 호발될 수 있다¹⁶⁾. Hase 등¹⁷⁾은 농도에 따른 glucose의 구강 내 잔류와 타액의 흐름에 대해 연구 보고하였다. Avelson 등¹⁵⁾은 타액의 완충능을 치아우식증과 관련시켜 연구 보고하였고, Dibdin 등¹¹⁾은 세포의 다당류를 포함한 치태의 우식 유발능을 평가하기 위해 *streptococcus mutans*와 완충능의 관계를 연구 보고하였다. Sgan 등¹³⁾은 식품에 따른 타액 성상의 변화와 치아 우식증을 관련시켜 연구 보고하였다. 유 등¹⁸⁾은 비자극성 타액의 완충능을 측정하기 위해 0.1 N NaOH를 사용하여 pH 7.0까지 적정하였고, 신 등¹⁹⁾은 완충능을 유산균 발효유 25 mL를 pH 7.0까지 변화시키는데 필요한 1 M NaOH로 정의하였으며, 임 등²⁰⁾은 어린이용 시럽제 20 mL의 pH를 7.0로 맞추는데 필요한 2 N NaOH의 부피로 완충능을 측정하였다. 이 연구에서 완충능은 중성의 pH까지 이르는데 필요한 0.1 N NaOH 부피로 정의하였다. 어린이 영양제는 높은 완충능으로 인해 임계 탈회 pH인 5.5보다 낮은 산성 환경이 구강 내에서 오래 유지되고 중화되기 어려움을 나타내었고, 이는 치아우식의 위험도가 높음을 보여준다(Fig. 2). 허 등²¹⁾은 고유 pH가 중성에 가까운 식품은 고유 완충능이 높으면 식품 자체가 식품 중의 탄수화물이 발효되어 생성되는 산을 중화시킬 수 있어 탈회를 방지할 수 있을 것이라고 하였다.

어린이용 영양제의 산생성능 검사 결과, 배양 전후 실험군의 평균 pH 감소율은 24.06%이고, 가장 큰 군은 HP로 26.56%, 가장 작은 군은 HV로 20.58%이었다. 4개의 실험군은 양성 대조군인 S의 32.85%보다 유의하게 낮았다. 음성 대조군인 타액을 넣은 경우는 18.5%의 감소율을 보여 4개의 실험군은 음성 대조군 T보다 유의하게 높은 값이 나타났다. 배양 시간에 따른 pH 변화는 Table 2, Fig. 3과 같다. 전반적으로 *S. mutans*

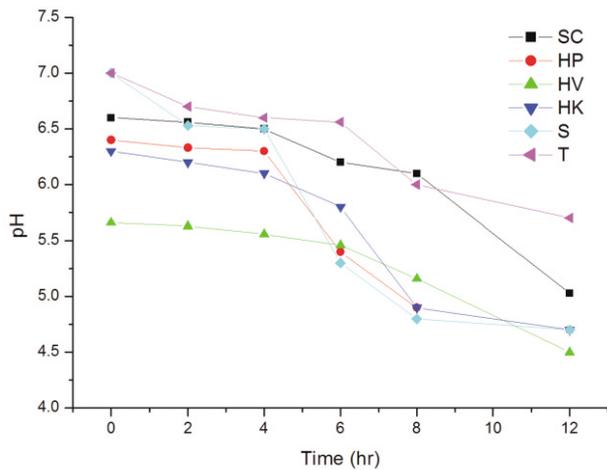


Fig. 3. pH change of experimental and control groups with *S. mutans* by incubation time. After 12 hours of culturing *S. mutans*, the pH of all four nutritional supplements were lower than 5.5.

균의 배양 시간에 따라 pH가 점점 감소하는 경향을 보였다. 배양 12시간 후 인공타액 T는 pH가 약간 증가하였다.

중요한 박테리아 독성 요소는 탄수화물에서 발생하는 유기산이며¹⁰⁾, mutans streptococci가 중요한 치태 우식원균으로 생각된다^{10,22)}. Aranibar Quiroz 등²³⁾은 자당에 자주 노출되면 치태의 산생성능이 더 증가하여 우식원균과 치태의 양이 증가한다고 보고하였다. 내산성이 높은 우식원균들은 구강 내 산성 환경에서 지속적으로 성장하여 산을 생성한다.

본 실험 결과 연구대상 어린이 영양제 모두가 시간이 경과함에 따라 점점 더 낮은 산도를 나타내었고, 이는 우식원균이 강한 산생성능을 가지는 조건을 제공할 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 어린이 영양제는 적절한 조건이 주어진다면 치아를 탈회시킬 수 있는 충분한 산을 생성할 수 있다.

그러나 실험군인 어린이 영양제들은 양성 대조군인 S보다 유의하게 낮은 산생성능을 보였는데, 그 원인으로는 실험군의 감미제로 대체 감미료가 함유된 것을 생각할 수 있다. SC에는 xylitol과 sorbitol, HP에는 sorbitol과 erythritol, HV에는 xylitol, HK에는 xylitol과 erythritol이 함유되어 있다. 현재 개발된 대체 감미료에는 aspartame, saccharin, sorbitol, xylitol 등이 있는데 이러한 대체감미료는 세균에 의해 산으로 대사되지 않기 때문에 우식을 유발하지 않으며, 특히 xylitol은 mutans streptococci의 성장을 억제하여 치아표면의 치태 형성의 감소와 치태 내에서의 산 생성을 감소시킴으로써 치아 우식증 예방에 효과가 있다²⁴⁾.

마지막으로 영양제의 탈회능을 알아보기 위한 생체 외 연구 방법으로 우치 법랑질 시편의 탈회 전후 법랑질의 표면미세경도의 차이를 측정하였다. 시편의 탈회 과정에서 pH 순환모델을 이용하였다. 이전의 연구들에서 계속적으로 실험용액에 시편을

넣어두는 방법이 많이 사용되었지만 이는 구강 내 상황보다 과도하게 탈회를 일으키는 결과를 유발하였다. 따라서 탈광화와 재광화가 반복되는 구강 내 상황과 비슷하게 재연하기 위한 실험 방법이 제안되었다.

본 실험에서는 8일 동안 하루에 2회 20분간 영양제에 시편을 담그고, 나머지 시간은 인공타액에 보관에 보관하는 pH 순환 시스템을 이용하여 구강 내 환경과 유사하게 탈회를 시행하였다. Amaechi 등²⁵⁾은 구강 외에서 치아 침식증을 유발하기 위해 오렌지 주스와 인공타액에 번갈아 순환시키는 것이 실제 구강 환경과 유사하고, 오렌지 주스와 생리식염수에 번갈아 순환시키는 것은 실제 구강 내 상황보다 과도하게 탈회를 일으킨다고 하였다. 인공타액에는 칼슘과 인이 포함되어 있고, pH와 완충능이 높아 인공타액의 피막은 구강 내 환경과 유사하게 시편의 침식을 지연시킬 수 있다²⁵⁾.

결과에 대하여 살펴보면 4종의 실험군과 양성 대조군 S에서 유의하게 표면미세경도가 감소하였다($p < 0.05$). 실험군의 평균 표면미세경도 감소율은 20.52%이고, 실험군 중에서 HV가 43.07%로 가장 높았고, 나머지 실험군과 대조군보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). HP는 5.09%로 실험군 중에서 가장 낮았으며, 나머지 실험군과 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 양성 대조군인 S의 감소율은 6.30%로 HP를 제외한 3개의 실험군보다 낮았으며, 음성 대조군인 T는 오히려 1.17%만큼 유의하게 표면미세경도가 증가하였다($p < 0.05$) (Table 3). 생리식염수에서 인공타액으로 옮겨지면서 풍부한 칼슘과 인이 포함된 인공타액으로 인하여 재광화가 이루어진 것으로 여겨진다. Valinoti 등²⁶⁾은 시럽제의 칼슘, 불소, 인산의 농도를 측정할 결과 pH가 낮아도 이러한 성분이 많은 경우 탈회가 적게 일어난다고 보고한 바 있다. HP에서 상대적으로 낮은 감소율을 보이는 것도 HP의 주성분이 유청 칼슘으로 칼슘이 25% 이상 함유되어 있기 때문이라고 사료된다.

본 실험은 건전한 소의 하악 영구전치를 이용한 생체 외 실험이기 때문에 실제 사람의 구강 내 상황과는 다르다는 한계가 있지만, 발거된 사람의 치아는 보존상태, 보존기간 등의 환경조건에 따라 생리적 및 화학적 변화를 겪어 실험 결과에 영향을 미칠 수 있다. Schilke 등²⁷⁾은 사람의 유치와 영구치의 치관 상아질과 우치 상아질의 상아세관 수와 직경이 유의한 차이가 없다고 하였고, Camargo 등²⁸⁾은 사람의 치아보다 우치의 상아세관 수가 훨씬 많지만 직경은 같다고 하였다. Camargo 등²⁹⁾은 사람의 치아와 우치의 표층 구조에서 열린 상아세관 수에 차이가 없다고 하였고, Zax 등³⁰⁾은 사람의 치아와 우치의 각 발달 단계에서 탄소 함량의 차이가 없다고 하였다. 이렇듯 우치는 사람의 치아와 화학적 조성과 물리적 구조가 유사하다는 장점이 있으며, 발거된 사람의 치아를 이용한 연구에서 생길 수 있는 오차를 줄이기 위하여, 본 실험에서는 우치를 사용하였다.

본 연구에서는 제한된 조건하에 어린이용 영양제의 자체 산도, 완충능, 산생성능, 우치 법랑질 침식능을 조사하였다. 그 결과 실험군 4종의 영양제의 우식유발능이 높음을 알 수 있었다. 이는 어린이들이 잘 먹을 수 있도록 첨가하는 감미제와 씹어 먹

는 정상 때문인 것으로 생각된다. 반 등³¹⁾은 국내에서 생산되고 있는 소아용 시럽제 67품목과 츄잉정 13품목에 함유된 감미료에 대해 조사하였고, 철분을 함유하는 비타민 츄잉정의 경우 자당 함량이 높았으며 츄잉정은 충치 유발 가능성이 높다고 하였다. 그러나 실제 생체 내에서는 다른 여러 인자에 의한 복합적인 영향을 받게 되므로 생체 내 연구를 통한 조사가 필요하다.

또한 국내외에서 생산 및 시판되는 건강기능식품이 매우 다양하므로 더 다양한 어린이 영양제에 대한 우식 유발능 평가가 이루어져야 할 것이다. 시판되는 어린이용 영양제는 제조사에서 1일 1~2회, 1~2정을 씹어서 섭취하라고 권고하고 있으며, 영양제의 특성상 과자류나 껌 등의 간식에 비해 규칙적으로 꾸준히 섭취하게 된다. 또한 영양제는 건강에 좋을 것이라고 생각하므로 치아에도 해롭지 않다고 여겨 다른 간식류에 비해 보호자가 영양제 섭취 후 양치질에 대해 크게 신경 쓰지 않을 가능성이 높으며, 자기 전에 섭취할 가능성도 있다. 어린이용 영양제에 함유되어 있는 감미료의 부작용에 대한 인식이 필요하며, 씹어 먹는 영양제를 복용한 후에는 잔유물이 입안에 남지 않도록 양치질이나 입가심을 하도록 유도하는 것이 필요하겠다.

V. 결 론

어린이용 영양제의 우식 유발능에 관해 알아보기 위하여 국내에서 시판 중인 건강기능식품 어린이용 영양제 4종 Smart Chewable Vitamin A (SC), Hikid Plus (HP), Hama Vitamin Pharm (HV), Hemoteenteen Kid (HK)에 대한 생체 외 연구를 시행하였다. 어린이용 영양제 4종을 실험군으로, 10% 자당(S)을 양성 대조군, 인공 타액(T)을 음성 대조군으로 하였다. 실험군 및 대조군의 pH를 측정하고 시료용액 50 mL의 pH를 7로 맞추는데 필요한 0.1 N NaOH의 부피로 완충능을 측정하였다. *S. mutans*의 배양액을 접종 후 48시간 배양하여 pH의 변화를 측정해서 산생성능을 살펴보았다. 하루에 2번 시료용액에 우치 범랑질 시편을 20분간 넣은 후 인공타액에 보관하는 pH 순환 모델을 8일간 적용하였고, 표면미세경도의 변화를 측정하여 우치 범랑질 침식능을 검사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

어린이용 영양제의 pH를 측정한 결과, 탈회 임계 pH인 5.5보다 낮은 결과를 보인 군은 실험군 4개 군으로 나타났다. 완충능을 측정한 결과 HV가 완충능이 가장 커 산도를 중성으로 만들기가 어려우며, SC가 어린이 영양제 중 완충능이 가장 작은 것으로 나타났다. 어린이용 영양제의 산생성능은 음성 대조군 T보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). 우치 범랑질 침식능 검사 결과, 4종의 실험군과 양성 대조군 S에서 표면미세경도가 유의하게 감소하였으며, 음성 대조군인 T는 오히려 유의하게 표면미세경도가 증가하였다($p < 0.05$).

이상의 결과에서 확인된 바와 같이 씹어 먹는 어린이용 영양제는 생체 외 연구에서 치아 우식증을 유발할 수 있는 기본 조건을 갖추고 있는 것으로 나타났으며, 어린이용 영양제 상호간에 부분적으로 유의한 차이가 있었다. 어린이용 영양제의 우식

유발능을 더욱 낮추기 위한 노력이 필요할 것으로 사료된다.

References

1. Edelstein BL : Disparities in oral health and access to care : Findings of national surveys. *Ambulatory Pediatrics*, 2:141-147, 2002.
2. HEO SH : The present condition & development for labeling and advertising system of health functional food. *Food Science and Industry*, 40:11-15, 2007.
3. Kim SH, Han JF, Kim WY : Consumption of health functional foods by elementary schoolchildren in Korea. *Korean J Nutr*, 43:161-170, 2010.
4. Song BC, Kim MK : Patterns of vitamin-mineral supplement use among preschool children in Korea. *Korean J Nutr*, 31:1066-1075, 1998.
5. Kim SH, Keen CL : Vitamin and mineral supplement use among children attending elementary schools in Korea : a survey of eating habits and dietary consequences. *Nutrition Research*, 22:433-448, 2002.
6. Park JS, Lee JH : Elementary school children's intake patterns of health functional foods and parent's requirements in Daejeon area. *Korean J Nutr*, 13:463-75, 2008.
7. Kim SH, Han JH, Hwang YJ, Kim WY : Use of functional foods for health by 14-18 year old students attending general junior or senior high schools in Korea. *Korean J Nutr*, 38:864-72, 2005.
8. Lingstrom P, van Ruyven FO, van Houte J, Kent R : The pH of dental plaque in its relation to early enamel caries and dental plaque flora in humans. *J Dent Res*, 79:770-777, 2000.
9. van Ruyven FO, Lingstrom P, van Houte J, Kent R : Relationship among mutans streptococci, "low-pH" bacteria, and iodophilic polysaccharide-producing bacteria in dental plaque and early enamel caries in humans. *J Dent Res*, 79:778-784, 2000.
10. van Houte J : Role of micro-organisms in caries etiology. *J Dent Res*, 7:672-681, 1994.
11. Dibdin GH, Shellis RP : Physical and biochemical studies of *Streptococcus mutans* sediments suggest new factors linking the cariogenicity of plaque with its extracellular polysaccharide content. *J Dent Res*, 67:890-895, 1988.
12. Dodds MWJ, Edgar WM : Effects of dietary sucrose levels on pH fall and acid-anion profile in human dental plaque after a starch mouth-rinse. *Archs Oral*

- Biol*, 31:509-512, 1986.
13. Sgan-Cohen HD, Newbrun E, Sela MN, *et al.* : The effect of previous diet on plaque pH response to different foods. *J Dent Res*, 67:1434-1437, 1988.
 14. Stephan RM : Intra-oral hydrogen-ion concentrations associated with dental caries activity. *J Dent Res*, 23:257-266, 1944.
 15. Abelson DC, Mandel ID : The effect of saliva on plaque pH in vivo. *J Dent Res*, 60:1634-1638, 1981.
 16. Kim JB, Paik DI, Kim DK, *et al.* : Clinical preventive dentistry, 4th ed., Komoonsa, Seoul, 314-315, 2005.
 17. Hase JC, Birkhed D, Lagerlof F, Thornqvist E : Oral retention of glucose at pharmacologically reduced salivary flow in man. *Scand J Dent Res*, 102:180-185, 1994.
 18. Yu KJ, Choi EG : An analytical study on the flow rate, viscosity, buffering capacity and inorganic composition of whole saliva. *J Korean Acad Oral Health*, 15:55-69, 1999.
 19. Shin HS, Lee KH, Kim YH, *et al.* : The effect of fermented milk on viable cell count and biofilm formation of *Streptococcus mutans*. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 36:358-366, 2009.
 20. Lim HS, Lee KH, Kim YH, *et al.* : In vitro study on cariogenic potential of syrup-form medicines for children. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 38:146-154, 2011.
 21. Hur YW, Kim SJ, Lee KH : In vitro study of baby food and breakfast cereal as for buffering capacity, acid production by *Streptococcus mutans*, and synthetic hydroxyapatite decalcification. *J WonKwang Dent Res*, 1:167-176, 1990.
 22. Loesche WJ : Role of *Streptococcus mutans* in human dental decay. *Microbiol. Rev*, 50:353-380, 1986.
 23. Aranibar QEM, Lingstrom P, Birkhed D : Influence of short-term sucrose exposure on plaque acidogenicity and cariogenic microflora in individuals with different levels of mutans streptococci. *Caries Res*, 37:51-57, 2003.
 24. Korean Acad Pediatr Dent : Dentistry for the child and adolescent, 4th ed., Shin-hung international, Seoul, 173-174, 2007.
 25. Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM : Techniques for the production of dental eroded lesions in vitro. *J Oral Rehabil*, 26:97-102, 1999.
 26. Valinoti AC, Da Silva Pierro VS, Da Silva EM, *et al.* : In vitro alterations in dental enamel exposed to acidic medicines. *Int J Paediatr Dent*, 21:141-150, 2011.
 27. Schilke R, Lisson JA, Geurtsen W, *et al.* : Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Archs Oral Biol*, 45:355-361, 2000.
 28. Camargo CHR, Siviero M, Valera MC, *et al.* : Topographical, diametral, and quantitative analysis of dentin tubules in the root canals of human and bovine teeth. *J Endod*, 33:422-426, 2007.
 29. Camargo MA, Marques MMM, Cara AA : Morphological analysis of human and bovine dentine by scanning electron microscope investigation. *Archs Oral Biology*, 53:105-108, 2008.
 30. Zax MS, Mayer I, Deutsch D : Carbonate content in developing human and bovine enamel. *J Dent Res*, 70:913-916, 1991.
 31. Ban MJ, Jang EJ, Jo NC, *et al.* : Sweetener content of common pediatric oral liquid and chewable tablet medications. *J Korean Soc Hosp Pharm PP*, 8:93-99, 1991.

국문초록

Bovine teeth에 대한 어린이용 영양제의 우식유발능

허나랑 · 이광희 · 안소연 · 송지현 · 라지영

원광대학교 치과대학 소아치과학교실

어린이용 영양제의 우식 유발능에 관해 알아보기 위하여 국내에서 시판 중인 건강기능식품 어린이용 영양제 4종에 대한 생체의 연구를 시행하였다. 어린이용 영양제 4종을 실험군으로, 10% 자당을 양성 대조군, 인공 타액을 음성 대조군으로 하였다. 실험군 및 대조군의 pH, 완충능, 산생성능, 우치 법랑질 침식능을 검사하였다.

실험군 4종의 pH 모두 탈회 임계 pH인 5.5보다 낮았다. 완충능은 Hama Vitamin Pharm이 가장 크고, Smart Chewable Vitamin A가 가장 작았다. 4개의 실험군은 음성 대조군보다 유의하게 높은 산생성능을 보였다($p < 0.05$). 우치 법랑질 침식능 검사 결과, 4종의 실험군과 양성 대조군에서 표면미세경도가 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 표면미세경도 감소율은 실험군 중에서 Hama Vitamin Pharm이 유의하게 높았고, Hikid Plus는 유의하게 낮았다($p < 0.05$).

주요어: 영양제, 우식유발능, 우치 법랑질 침식능, pH 순환 모델