

Cariogenicity of Vitamin Supplements for Children

Yoomi No, Jongsoo Kim, Seunghoon Yoo

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook National University

Abstract

The purpose of this study is to analyze the cariogenicity of vitamin supplements for children by the Caries Potentiality Index (CPI), pH drop capacity, proliferation rate of *Streptococcus mutans*.

Four vitamin supplements were selected - Noma (NM), Cenovis Kids (CK), Animal Parade (AP), and Character Vitamin (CV).

CPI value decreased in the order of AP, CV, CK, and NM. Initial values of all experimental groups showed acidity below pH 7.0. Analysis of the colony forming units of *Streptococcus mutans* showed that NM and CV resulted a higher proliferation rate ($p < 0.05$) than CK and AP ($p < 0.05$). Bacterial activity of the control group was lower than other groups when observed with a confocal laser scanning microscope.

Considering the bacterial activity and acidity of vitamin supplements, it is necessary to pay close attention when children taken the vitamin supplements for their oral health.

Key words : Vitamin supplements, Cariogenicity, *Streptococcus mutans*, Biofilm

I. 서 론

치아 우식증은 여러 가지 요소들이 복합적으로 작용하는 다요인성 질병이다. 잦은 발효성 탄수화물 섭취와 적절한 구강관리가 이루어지지 않는 경우 치면 세균막 내 pH가 감소하면서 치아의 탈회 발생 된다[1,2]. 특히 유치의 경우 치아의 표면 경도나 무기질 함유량 및 법랑질의 두께 등이 우식의 진행에 취약한 구조를 가지고 있다[3]. 그러므로 어린이들의 우식 예방을 위한 식이조절 및 치면 세균막 관리 등이 주의 깊게 시행되어야 한다.

이 중 식이조절은 우식유발 위험이 큰 음식의 섭취를 제한하여 구강 내 평형을 깨는 당분 요인을 제거하는 방법이다. 식품의 우식원성은 해당 음식의 당도와 함께 점도를 확인해야 한다. 점도가 높은 식품은 점도가 낮은 식품에 비해 치아에 작용하는 시

간이 길어져 섭취 횟수가 증가하는 것과 유사한 역할을 하게 된다. 식품의 점도와 당도 값을 측정하여 치아우식 유발지수를 산출할 수 있으며[4] 이를 통해 상대적으로 우식원성이 높은 음식의 섭취를 제한하는 식이조절 식단을 구성할 수 있다.

식이조절의 다른 방법은 우식 유발 세균의 대사를 억제하기 위해 당분의 잦은 섭취를 제한하는 방법이다. 치태의 pH가 음식물 섭취로 인해 낮아지게 되면 최소 30분 동안 유지되며 이 기간 동안 당분의 유입이 다시 일어나게 된다면 pH 값은 더욱 낮아지게 된다. 그러므로 당분이 구강 내 pH가 회복될 정도의 시간을 두고 공급된다면 치아 우식증을 효과적으로 조절할 수 있다. 이는 일상적인 식사시간 이외에 당분이 함유된 간식류를 섭취하는 것이 구강 환경의 평형을 깨어 우식을 유발할 수 있다는 것을 의미 한다[5].

Corresponding author : Seunghoon Yoo

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook National University, 119 Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan, 31116, Korea

Tel: +82-41-550-0222 / Fax: +82-41-550-0118 / E-mail: yoo.seunghoon@gmail.com

Received August 28, 2017 / Revised November 1, 2017 / Accepted October 11, 2017

www.kci.go.kr

비타민 제제는 음식을 통해 섭취하기 어렵거나 부족한 영양소를 알약이나 젤리, 액상 등의 여러 가지 형태를 통해 보충할 수 있도록 시판되고 있는 건강기능식품이다. 최근 어린이들의 성장 및 건강과 관련하여 부모들의 관심이 높아짐에 따라[6,7] 어린이들을 위한 비타민 제제들이 다양하게 판매되고 있다. 경쟁적으로 어린이들을 위한 제품들이 출시되면서 제품의 종류가 다양해졌고 사탕이나 젤리 등과 비슷한 성상과 맛을 내는 제품들이 많아지고 있다. 부모들은 젤리, 스낵, 초콜렛, 사탕 같은 종류의 식품에 대한 높은 우식원성과 관련한 경각심은 가지고 있는 반면에 비타민 제제에 대한 경각심은 많이 낮은 편이다. 또한 비타민 제제가 구강 환경에 끼치는 영향에 대한 연구도 부족한 상태이다.

따라서 본 연구를 통하여 현재 시판되고 있는 비타민 제제 중 많은 어린이들이 섭취하고 있는 종류를 선별한 후 치아우식유발지수를 측정하여 구강 건강에 미치는 영향을 분석하고 어린이비타민이 *Streptococcus mutans*의 활성과 구강내 pH 변화에 어떠한 영향을 끼치는지 알아보려고 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

단국대학교 부속 치과병원에 2017년 1월 12일부터 2017년 2월 10일 동안 내원한 환자 보호자 100명을 대상으로 설문조사를 실시하여 어린이들이 많이 섭취하는 비타민의 순위를 내었다. 또한 최대 포털 사이트인 N사의 어린이 비타민 판매 순위와 가격 비교 사이트 E사의 어린이 비타민 판매 순위를 종합하여 공통된 비타민 상위 4가지를 선택하였다(Table 1).

2. 연구 방법

1) 치아우식 유발지수(Caries Potentiality Index, CPI) 측정

400 mL 증류수에 40 g씩 비타민을 녹여서 10% 용액을 만들고 30°C 상에서 Viscometer (NDJ-85 rotating viscometer, Nirun, Shanghai, China)를 이용하여 점도를 측정하였다(Fig. 1). Refractometer (PAL-1. ATAGO Brix, Tokyo, Japan)를 통해 당도를 측정하였다(Fig. 2). 신 등[2]의 연구에서 회귀분석을 통해 도출한 공식을 사용하여 CPI를 산출하였다. 공식은 다음과 같다.

$$CPI = \text{점도} \times 0.598324 + \text{당도} \times 0.2581343$$

2) Pellicle-well 형성

비흡연자이고 전신질환이 없는 건강한 20세 이상의 성인 5명을 대상으로 타액을 수집하였다. 대상자로부터 얻은 타액은 1 : 1 비율로 인산 완충 용액(PBS)과 혼합한 후 4°C에서 10분 동안 원심분리(6,000 × g)하여 상층액만 분리하였다.

준비된 타액을 사용하여 24 well에 400 μL, 8 well에 200 μL를 적용하고 Dry oven (Forced Convection Dry Oven, WiseVen® WON W-155, Wisd. Laboratory Instrument, Wertheim, Germany)에 넣고 37°C에서 air dry하였다. 상기와 같은 방법으로 5번 반복하여 24 well과 8 well 2개씩 pellicle이 형성된 well을 준비하였다.

3) 실험 용액 제작

BHI powder (Bacto™ Brain Heart Infusion, Becton, Dickinson and Company, Sparks, USA) 37 g을 멸균된 1차 증류수 1 L에 완전히 녹도록 섞어준다. 121°C에서 15분간 고압증기멸균기를 사용하여 멸균하였다.

Table 1. Vitamin supplements used and composition as informed by the manufacturers

Vitamin	Company	Carbohydrate	Commercial Sweeteners
Noma (NM)	SamA Pharm Kor	Lactose, dextrin, polydextrose	Maltitol syrup, mannitol, xylitol, acesulfame potassium
Cenovis Kids (CK)	Sanofi-aventis AUS	Modified starch, dextrin, sucrose, cornstarch, sweet whey powder, brown rice syrup, concentrated fruit mixture	Sucralose, milk, isomalt, xylitol
Animal Parade (AP)	Nature's Plus USA	Fructose, concentrated fruit mixture	Inositol
Character Vitamin (CV)	Newpam Kor	Purified glucose, glucose anhydrocrystalline, concentrated peach, starch syrup, powdered fruit mixture	Xylitol, stevia



Fig. 1. Viscometer used to measure viscosity in this study.



Fig. 2. Refractometer used to measure brix in this study.



Fig. 3. pH meter used to measure pH over time in this study.

준비된 BHI 액체 배지 500 mL에 비타민 50 g을 녹여서 10%의 비타민 용액을 준비한다. 원심 분리하여 상층액만 분리한 용액 중 150 mL를 Pyrex병에 넣어놓고 5 mL *S. mutans* ACTT 25175 KCTC No.3065(5×10^7 개)를 접종하였다. 대조군은 BHI 용액에 비타민만 첨가하지 않은 상태로 *S. mutans*를 접종하여 준비하였다. 준비된 용액을 24 well과 8 well에 1 mL씩 주입하였다.

4) pH 측정

pH meter (Orion Star A211, Thermo Fisher Scientific Inc., MA, USA)를 사용하여 1시간마다 2회씩 12시간 측정하였다(Fig. 3). 준비된 용액에서 3 mL 씩 코니칼 튜브에 넣고 pH 측정기의 센서를 삽입하여 측정값을 기입하였다. 증류수로 센서에 묻은 용액을 닦아내고 다음 용액의 pH를 측정하였다. 각각의 균을 위와 같은 방법으로 2번 반복하여 평균치를 기록하였다.

5) 공초점 현미경 촬영

Glass로 된 8 well에 상층 배지를 진공 석션한 이후 LIVE/DEAD[®] BacLight[™] Bacterial Viability Kit (Molecular Probes, Inc. Eugene, OR, USA)을 사용하여 염색하였다. 24시간 배양된 well과 48시간 배양된 well을 각각 Confocal laser Scanning Microscope (LSM 700 with Axio Observer, Carl Zeiss Microimaging GmbH, German)으로 촬영하였다(Fig. 4).

6) 집락 형성 단위(Colony forming unit, CFU) 측정

Mitis salivarius agar (Difco[™] Mitis Salivarius Agar, Becton, Dickinson and Company, Sparks, USA) 90 g을 증류수 1 L에 섞었



Fig. 4. Confocal laser scanning microscope used to take images of structural form of biofilm in this study.

다. 가루가 완벽하게 녹으면 121°C로 15분간 고압증기멸균기를 사용하여 멸균하였다. 페트리 접시에 20 mL씩 분배하여 배지 150 개를 제작하였다.

24 well에 있는 배지를 진공 흡입하여 조심스럽게 제거한다. 새로운 배지와 준비된 용액을 1 mL씩 주입하였다. 96 well에 배지를 180 μ L씩 6칸에 주입하고 24 well에 준비된 용액을 20 μ L씩 각각 채취하여 순차적으로 희석시키고 *Salivarius mitis* agar배지에 도말하였다. 배양기에서 48시간 배양 후 세균의 집락을 계수하여 CFU/mL를 구하였다. 위와 같은 과정을 48시간 배양된 24 well 용액을 사용하여 다시 반복한 후 CFU/mL를 구하였다.

7) 통계 분석

각 균의 CFU/mL 변화율과 당도, 점도의 평균과 표준편차를 산

출하고 Kolmogorov-Smirnov test를 통해 정규성을 검사하였다. 검사 결과 정규성을 따르는 점도 측정 자료는 일원배치분산분석을 시행하였다. 정규성을 따르지 않는 CFU/mL 변화율과 당도 측정 자료는 Kruskal-wallis test하고 Mann-Whitney test로 검정 시행하였다. 통계분석은 SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였다.

III. 연구 성적

1. 치아우식 유발지수

각 군에서 점도를 측정한 결과 AP에서 가장 높은 값을 보였고 CK와 CV는 서로 유의한 차이를 보이지 않았다. 당도를 측정한 결과 군간의 서로 유의한 차이를 보이지 않았다. 치아우식 유발지수는 AP에서 가장 높게 나타났고 NM에서 가장 낮은 값을 보였다 (Table 2).

2. 시간에 따른 pH 변화

대조군을 제외한 나머지 실험군들은 모두 pH 7 이하의 초기 값을 보였다. 실험군 중 치아를 탈회 시키는 산도인 pH 5.5에 가장 먼저 도달하는 것은 CK였고 가장 늦게 도달하는 것은 NM이지만 pH 변화율은 NM에서 가장 컸다. 초기 pH값은 NM이 대조군 다음으로 높았으나 12시간 이후 가장 낮은 pH 값을 보였다(Fig. 5).

3. *Streptococcus mutans*의 CFU 변화율

24시간과 48시간의 *S. mutans*의 증식률을 비교한 결과 NM과 CV는 대조군보다 더 높은 값을 보였고($p < 0.05$) NM과 CV간에는 유의한 차이는 없었다. CK와 AP는 대조군보다 낮은 값을 보였지만 AP는 대조군과 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Fig. 6).

공초점 현미경으로 촬영한 영상에서는 대조군을 제외한 나머지 군들에서 세균막의 수직적 성장을 관찰할 수 있었다(Fig. 7).

Table 2. CPI value from the formulas using viscosity and brix degree

	Mean ± SD			
	NM	CK	AP	CV
Viscosity	16.1 ± 5.0 ^a	30.6 ± 3.7 ^b	41.3 ± 4.3 ^c	30.0 ± 5.0 ^b
Brix Degree	8.2 ± 0.1 ^d	8.1 ± 0.0 ^d	8.0 ± 0.1 ^d	8.3 ± 0.1 ^d
CPI	30.8	39.2	45.4	39.4

NM = Noma, CK = Cenovis Kids, AP = Animal Parade, CV = Character Vitamin

^{a,b,c,d} : Same superscript letters in the columns indicate non significantly different ($p > 0.05$) by the Mann-Whitney test.

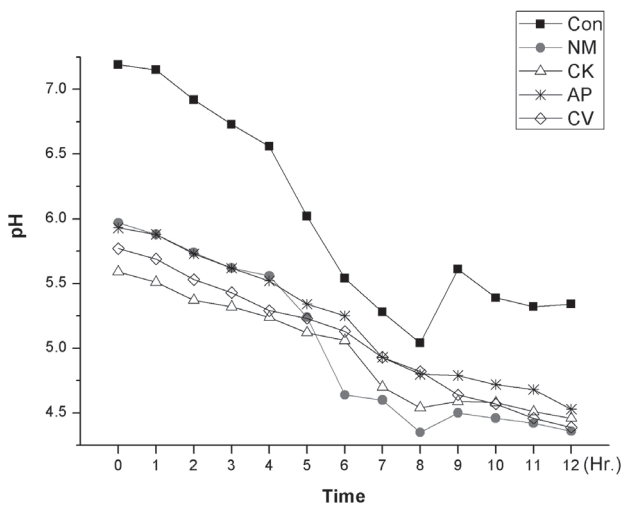


Fig. 5. Changes in pH over time. NM = Noma, CK = Cenovis Kids, AP = Animal Parade, CV = Character Vitamin.

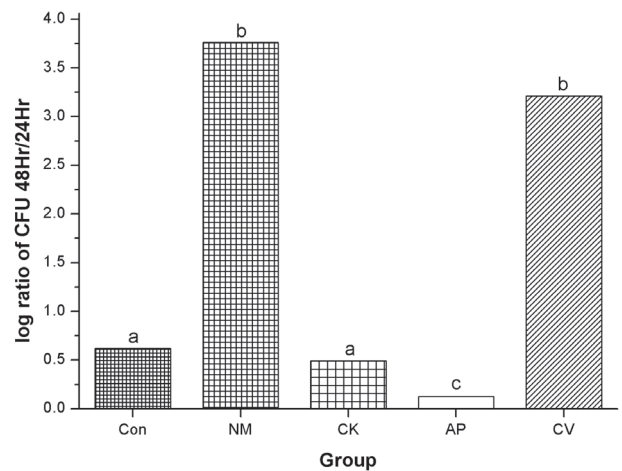


Fig. 6. Proliferation rate of *Streptococcus mutans*. Mann-Whitney test. NM = Noma, CK = Cenovis Kids, AP = Animal Parade, CV = Character Vitamin.

^{a,b,c} : different letters represent significant differences ($p < 0.05$).

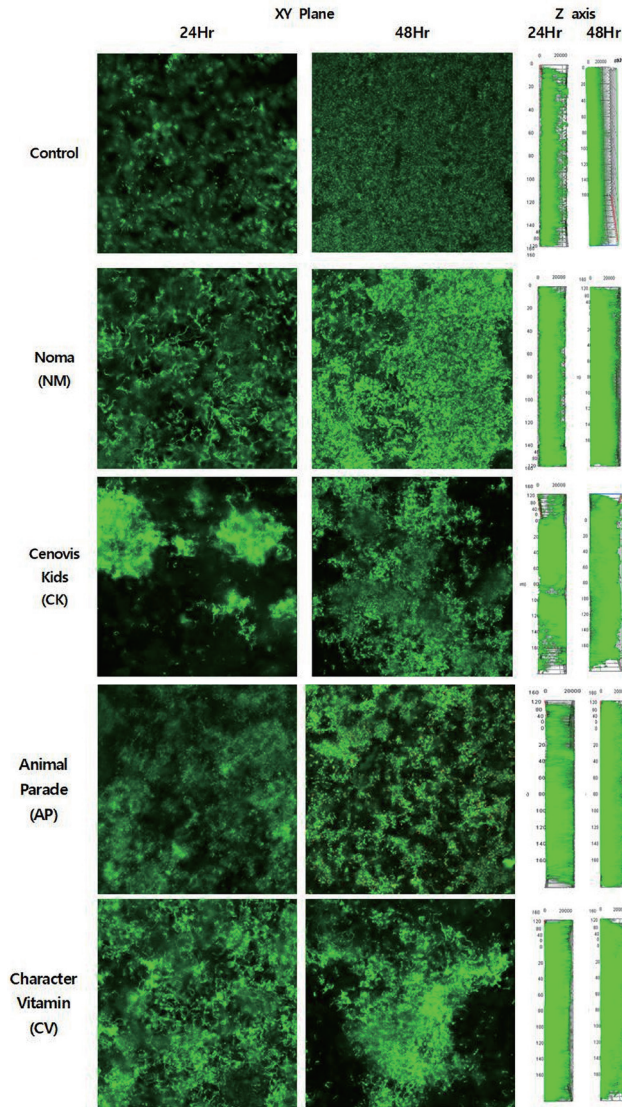


Fig. 7. Confocal laser scanning microscopy images of biofilm after 24 hours and 48 hours (Original magnification: $\times 40$). Z axis images showed vertical growth of biofilm. The control group showed less vertical growth at 24 hours and 48 hours compared to other experimental groups.

IV. 총괄 및 고찰

우식의 진행은 구강 내 평형을 깨는 요인들의 유입으로 인해 유발 된다. 구강 내 완충작용이 일어나기 전에 유입되는 당분이 포함된 간식류들이 그 대표적인 요인이라고 할 수 있다[8]. 최근 많은 아이들이 섭취하고 있는 비타민 또한 이러한 식품군과 비슷한 맛과 성상을 띄고 있으나 비타민의 우식원성과 관련된 연구는 부족한 실정이다.

신 등[4]의 연구에 의하면 식품의 당도와 점도를 이용하여 공식에 대입하면 치아 우식 유발지수(CPI)를 산출할 수 있다고 하였다. 과일의 CPI에 대해 분석한 이 등[9]의 연구에 의하면 바나나와 같이 점도가 높은 과일은 CPI 수치가 높기 때문에 식이 조절을 할 때 유의해야 한다고 하였다. 본 실험에서 비타민의 CPI를 산출한 결과 AP에서 가장 높은 값을 보였으며 NM에서 가장 낮은 값을 보였다. 당도는 각 군 간에 유의한 차이가 없었으며 점도의 차이에 의해 CPI의 값에서 차이가 나타났다. 이전 연구 [4]에서 산출해낸 여러 다른 음식의 CPI 값과 비교해 보았을 때, AP는 40.07의 CPI 수치를 보이는 젤리(Welch)보다 높은 값을 보이며 유자청(46.47)보다 낮은 값을 보였다. 나머지 비타민들 도 콘 아이스크림(30.59)이나 땅콩버터 잼(25.10)보다 높은 CPI 값을 보였다. 비타민은 섭취량에 있어서 다른 식품들과 차이가 있으며 자일리톨 등의 합성 감미료가 포함되어 있는 제품이 많기 때문에 단순히 CPI 수치만으로 판단하기에는 어려움이 있다. 하지만 위의 제한점들을 인지하고 동일한 조건에서 산출한 CPI 수치만을 비교한 결과 흔히 치아 우식원성이 높다고 판단되는 식품군들과 비슷한 수준의 CPI 값을 보였다.

자당은 치태 내 세균에 의해 분해되어 산성 물질로 빠르게 발효가 되는 물질이며 치태 내에서 세포외 다당류(Extracellular polysaccharide substance, EPS)로 변환되는 유일한 탄수화물이다[10]. *S. mutans*가 유입된 자당으로부터 분해된 글루코스를 영양분으로 사용하여 젖산을 형성하게 되고 이로 인해 법랑질의 탈회 유발 된다[11-13]. 또한 Cole[14]등에 의하면 치태 내 pH가 5.5 이하가 되는 경우 법랑질 탈회가 시작된다고 하였다. 본 실험에서 pH 5.5에 가장 먼저 도달한 비타민은 CK였으며 이는 초기 pH가 가장 낮았기 때문에 사료된다. 대조군을 제외하고 pH 변화량이 가장 큰 것은 NM이었다. NM은 초기 pH가 실험군 중에서 가장 높았지만 실험 종료 시점인 12시간 이후에는 pH 값이 가장 낮았다. 이는 NM을 대하는 *S. mutans*의 활성이 활발하게 이루어지고 있다고 판단할 수 있다. 본 실험에서 측정된 pH 변화량은 액체 배지에서 부유하고 있는 *S. mutans*의 대사이므로 이는 세균막 내에서 군집을 이루고 있는 *S. mutans*의 대사와는 완전히 다르므로[15] 실제 구강 내 환경을 완전히 반영하였다고 보기는 어렵다는 한계가 있다. 또한 비타민들의 초기 산도는 모두 pH 7 이하였고 이는 비타민을 섭취하는 순간부터 *S. mutans*의 대사와 상관없이 구강 환경이 산성이 된다는 것을 의미한다. Marsh[16]에 의하면 법랑질의 탈회는 높은 산성 물질이 구강 내에 존재하기만 하여도 발생할 수 있다고 하였다. 또한 산성인 조건에서는 *S. mutans*의 증식도 가속화되어 세균막의 산성화가 촉진 된다[17]. 비타민 섭취의 특성상 다른 식품의 섭취로 인해 구강 내 환경이 산성으로 변화되어 있는 상태에서 섭취할

가능성도 있으므로 우식 유발 위험이 크다는 것을 의미한다.

*S. mutans*의 증식률을 비교하였을 때 NM과 CV는 대조군에 비해 유의하게 높은 증식률을 보였고($p < 0.05$) 두 군간에는 유의한 차이는 없었다. CK와 AP는 대조군보다 낮은 증식률을 보였고 AP와 달리 CK는 대조군과 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다. 실험군 내에서 NM과 CV가 CK와 AP에 비해 더 높은 *S. mutans* 증식률을 보이는 것은 NM, CV는 CK와 AP에 비해 더 많은 당류를 포함하고 있거나 자당보다 더 빠른 증식을 보이는 과당의 함유 비율이 더 많은 것에 의해 나타나는 현상일 것이라 사료 된다[18]. 이에 대해선 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

David 등[19]에 의하면 세균막의 구조적 형태는 *S. mutans* 형성 단백질인 glucan-binding proteins (Gbps)와 관련이 있다고 하였다. Gbps가 없는 경우에 *S. mutans*의 성장과 대사에 유의한 영향을 끼치지 않지만 biomass가 감소하여 세균막의 두께가 감소하고 세균의 응집능력이 감소한다고 보고하였다. 본 연구에서는 공초점 현미경으로 대조군과 실험군을 촬영하여 세균막의 두께 해당하는 Z축의 이미지 및 응집 정도를 비교해 보았다. 24시간과 48시간 각각 촬영하였을 때 대조군은 세균막의 두께 성장이 이루어지지 않고 기저부에 세균이 산재되어 있는 모습을 관찰할 수 있었다. 이에 반해 실험군들은 다소의 높이 차이는 있겠지만 24시간과 48시간 모두 세균막의 두께가 대조군에 비해 두텁게 형성되어 있는 것을 확인 할 수 있었다. CK와 AP는 대조군에 비해 더 적은 *S. mutans* 증식을 보였지만 세균의 대사는 대조군보다 더 활발한 양상을 관찰할 수 있었다. 이에 반해 NM와 CV는 대조군에 비해 *S. mutans*의 증식도 더 많았고 세균의 대사도 더 활발하였다. 심 등[18]의 연구에 의하면 자당이 단독 공급되었을 때보다 자당과 과당이 동시에 공급되는 경우 세균이 더 빠르게 증가하지만 인공치태의 무게는 더 감소한다고 보고하였다. 또한 김 등[20]의 연구에 의하면 glucosyltransferase (GTF)의 합성을 유도하는 유전자인 *gtfB* 및 *gtfC* mRNA의 발현은 *S. mutans*의 증식과는 유의한 상관 관계를 가지고 있지 않다고 하였다. 그러므로 CK와 AP에서 *S. mutans*의 증식률은 대조군보다 낮지만 세균막의 두께는 대조군보다 두텁게 형성된 것은 대조군내 에너지원으로 사용할 수 있는 당분은 CK와 AP보다 많지만 자당이 포함되어 있지 않아 세포외 중합체를 형성하지 못하였기 때문이라고 판단된다.

김 등[15]의 연구에 의하면 자일리톨은 대표적인 당 대체제로서 자일리톨의 섭취가 세균막 내 *S. mutans*의 글루칸(glucan) 형성 관련 유전자들의 발현을 억제하여 세균 수가 감소 할 수 있다고 하였다. 첫 번째 CPI 측정 실험에서 AP가 가장 높은 값을 보였으나 *S. mutans* 증식률에서 가장 낮은 값을 보인 것 또한 함량

은 표기되어 있지 않지만 합성 감미료인 Inositol이 포함되어 있기 때문이라고 사료된다(Table. 1). 자일리톨 외에도 당 대체제인 스테비아(stevia), 수크랄로스(sucralose), 사카린(saccharine), 아스파탐(aspartame), 프룩토오스(fructose)를 사용하여 우식원성을 비교한 Rodrigo 등[21]의 연구에 의하면 합성 감미료는 자당에 비해 낮은 우식원성을 보이긴 하였지만 우식 위험성이 전혀 없는 것은 아니므로 신중하게 선택해야 한다고 하였다. 본 실험에서 사용한 4가지 비타민 종류 모두 자일리톨, 스테비아 등 다양한 종류의 폴리올(polyol)이 포함되어 있고 앞선 연구 결과에 따라 이러한 합성 감미료도 우식 위험성으로부터 자유로울 수 없다고 판단된다. 또한 이러한 합성 감미료 외에도 과당이나 자당, 유당 등 *S. mutans* 증식에 에너지원으로 사용될 수 있는 당류도 모든 실험군에 포함되어 있었다. NM와 CV군에서 대조군보다 높은 *S. mutans* 증식률을 보이고 모든 실험군에서 높은 대사 활성을 보이는 것과 일치하는 결과였다.

본 연구에서는 구강 환경을 재현하지 않고 실험실에서 진행한 연구로 여러 가지 구강 내 완충 작용이나 세정 작용 등을 설계하지 않은 채 진행하였다. 현재 비타민이 구강 내 끼치는 영향에 대한 논문이 미비하므로 우선적으로 비타민 자체가 우식원성을 가지고 있는지에 대한 연구가 필요하다고 느끼는바 상기와 같은 연구를 진행하게 되었다. 어린이 비타민의 우식원성에 대한 확실한 잣대가 부족한 상황에서 어린이들의 비타민 섭취가 점점 증가하는 추세이므로 시판되는 몇몇 비타민의 우식원성에 대해 연구한 본 논문은 어린이들이 비타민을 섭취함에 있어서 보호자의 신중한 판단 하에 이루어져야 한다는 것을 제창하는 것의 의의 있다고 사료된다. 향후 연구에서는 우치나 영구치, 유치 등에 비타민을 적용하여 구강 환경과 더 유사하게 재현할 수 있는 실험 설계가 필요할 것으로 보인다.

V. 결 론

현재 시판되고 있는 4종의 어린이 비타민을 사용하여 우식원성을 비교 분석하였을 때, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

치아우식 유발지수를 산출한 결과 AP가 가장 큰 값을 보였고 CV, CK, NM 순으로 작아졌다. CK와 CV사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 시간에 따른 pH 변화를 관찰한 결과 CK가 가장 먼저 pH 5.5 값에 도달하였으나 12시간 이후 가장 낮은 pH값을 보인 것은 NM이었다. 모든 실험군들의 초기 값은 pH 7.0이하의 산성을 나타내었다. *S. mutans*의 군집 형성 단위를 분석한 결과 NM, CV는 대조군에 비해 더 높은 증식률을 보였고($p < 0.05$), CK와 AP ($p < 0.05$)는 대조군에 비해 더 낮은 증식률을 보였다. 공초점 현미경으로 24시간과 48시간 증식된 *S. mutans*를 관찰한

결과 대조군의 세균 활성도는 매우 낮았고 실험군들은 모두 대조군에 비해 높은 활성도를 보였다.

비타민 제제들의 세균 활성도와 산도를 고려해 볼 때, 어린이의 구강 건강을 위해서는 세심하게 고려하여 섭취해야 할 것이며 구강 환경을 재현한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- Ruijie H, Mingyun Li, Richard LG : Bacterial interactions in dental biofilm. *Virulence*, 2:435-444, 2011.
- Munoz-Sandoval C, Munoz-Cifuentes MJ, Giacaman RA, *et al.* : Effect of bovine milk on Streptococcus mutans biofilm cariogenic properties and enamel and dentin demineralization. *Pediatr Dent*, 34:197-201, 2012.
- Wongkhantee S, Pantanapiradej V, Maneenut C, Tantbirojn D : Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentin, and tooth-coloured filling materials. *J Dent*, 34:214-220, 2005.
- Shin SC, Shim SH, Suk KH : The cariogenic potentiality index using the sugar contents and the viscosity of Korean food. *JKDA*, 54:752-770, 2016.
- Goncalves JA, Moreira EA, Borgatto AF, *et al.* : Associations between caries experience, nutritional status, oral hygiene, and diet in a multigenerational cohort. *Pediatr Dent*, 38:203-211, 2016.
- Kim SN, Kim SH : A survey on use of vitamin mineral supplements by children in Daejeon city and Chungcheong province in Korea. *Korean J Food Culture*, 25:117-125, 2010.
- Kim SH, Keen CL : Vitamin and mineral supplement use among children attending elementary schools in Korea. *Korean J Nutr*, 31:1066-1075, 2002.
- Koo H, Falsetta ML, Klein MI : The exopolysaccharide matrix: A virulence determinant of cariogenic biofilm. *J Dent Res*, 92:1065-1073, 2013.
- Lee KS, Kim NJ, Lee EH, Cho JW : Cariogenic potential index of fruits according to their viscosity and sugar content. *Int J Clin Prev Dent*, 10:255-258, 2014.
- Forssten SD, Bjorklund M, Ouwehand AC : Streptococcus mutans, caries and simulation models. *Nutrients*, 2:290-298, 2010.
- Javed M, Chaudhry S, Khan A, *et al.* : Transmission of Streptococcus mutans from mother to child. *Pakistan Oral & Dental Journal*, 32:493-496, 2012.
- Wenham DG, Davies RM, Cole JA : Insoluble glucan synthesis by mutansucrase as determinant of the cariogenicity of Streptococcus mutans. *J Gen Microbiol*, 127:407-415, 1981.
- Inuine M, Koga T, Sato S, Hamada S : Synthesis adherent insoluble glucan by the concerted action of the two glucosyltransferase components of Streptococcus mutans. *FEBS Lett*, 143:101-104, 1982.
- Cole AS, Eastoe JE : The formation and properties of dental plaque in biochemistry and oral biology. 2nd ed., Butterworth and Company Ltd., 490, 1988.
- Kim JH, Lee YE, Song KB, *et al.* : Inhibition of glucan synthesis related gene expression of streptococcus mutans by xylitol treatment. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 36:531-538, 2009.
- Marsh PD : Dental plaque as a biofilm and a microbial community - implications for health and disease, BMC Oral Health, 2006.
- Takahashi N, Nyvad B : Caries ecology revisited: microbial dynamics and the caries process. *Caries Res*, 42:409-418, 2008.
- Shim JH, Vang MS, Lee JB, *et al.* : The effect of fructose on the metabolism of sucrose by Streptococcus mutans. *KAP*, 44:124-134, 2006.
- David JL, Tracey LF, Joseph EM, Jeffrey AB : Glucan-binding proteins are essential for shaping Streptococcus mutans biofilm architecture. *FEMS Microbiol Lett*, 268:158-165, 2007.
- Kim MK, Park HR, Chung J : The effect of ions and buffers on the expression of gtfB and gtfC mRNA. *Kor J Oral Maxillofac Pathol*, 30:373-380, 2006.
- Rodrigo AG, Pia C, Cecilia MS, Ramiro JC : Cariogenic potential of commercial sweeteners in an experimental biofilm caries model on enamel. *Archives of oral biology*, 58:1116-1122, 2013.

국문초록

시판용 어린이 비타민 보충 제제의 치아 우식원성

노유미 · 김종수 · 유승훈

단국대학교 치의학과 소아치과학교실

본 연구의 목적은 어린이들이 섭취하는 비타민 제제들의 우식원성을 치아우식 유발지수와 *Streptococcus mutans*의 활성정도 및 산 생성능을 통해 분석하는 것이다.

4가지 비타민, 노마(NM), 세노비스 키즈(CK), 애니멀 퍼레이드(AP), 캐릭터 비타민(CV)를 대상으로 진행하였다.

치아우식 유발지수를 산출한 결과 AP, CV, CK, NM 순으로 작아졌다. pH 측정 시 모든 실험군들의 초기 값은 산성을 나타내었다. *S. mutans*의 군집 형성 단위를 분석한 결과 NM, CV는 대조군에 비해 더 높은 증식률을 보였고($p < 0.05$), CK와 AP ($p < 0.05$)는 대조군에 비해 더 낮은 증식률을 보였다. 공초점 현미경으로 관찰하였을 때 실험군들은 대조군에 비해 높은 세균 활성도를 보였다.

비타민 제제들의 세균 활성도와 산도를 고려해 볼 때, 어린이의 구강 건강을 위해서는 세심하게 고려하여 섭취해야 할 것이다.