

유아용 조제 분유가 치태 pH에 미치는 영향에 관한 연구

서울대학교 치과대학 소아치과학 교실 · 치학연구소

정우진 · 이상훈 · 한세현

Abstract

A STUDY ON THE INFLUENCE OF INFANT FORMULAS ON PLAQUE pH

Woo-Jin Chung, D.D.S., Sang-Hoon Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Se-Hyun Hahn, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

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

Infant formula in nursing bottle, with inappropriate feeding habits, is major factor associated with the development of nursing caries. Although each infant formula has different carbohydrate and protein composition, studies comparing cariogenic potential of many Korean-branded infant formulas are deficient. In addition, it is on the point of being difficult to evaluate the cariogenicity of milk due to development of many infant formulas. In this study, to evaluate the cariogenic potential of many infant formulas, after oral rinse with six Korean-branded infant formulas(three milk based formulas, one soy based formula and two specific formulas for infants with allergy to milk protein and with lactose intolerance) for ten adult volunteers(eight males and two females), plaque pH change was measured with *In vivo/In vitro* combination technique and results were as follows.

1. All six different kinds of Korean-branded commercial infant formulas dropped the plaque pH significantly($p < 0.05$) and at an hour after rinse, plaque pH was not recovered in most of subjects.
2. Soy based infant formula and casein-hydrolyzated infant formula containing no casein

* 이 논문은 1997년도 서울대학교병원 지정진료연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

dropped the plaque pH significantly more than milk based infant formula containing casein($p < 0.05$).

3. In the milk protein of infant formulas, casein had more effect on buffering the pH change of the infant formula than whey protein and casein-hydrolyzated infant formula had a reduced effect of casein.
4. In infant formulas with similar protein composition, infant formula containing sucrose dropped plaque pH more than infant formula containing lactose, but there was no significant difference($p > 0.05$).

Key words: infant formula, nursing caries, plaque pH, protein, carbohydrate

I. 서 론

우유병 내의 유아용 조제분유는 우유병 우식증 발생에 관련되어 왔다¹⁻³⁾. 유아용 조제분유에는 발효 가능한 탄수화물 외에 단백질, 지방, 비타민, 미네랄 등 여러 가지 영양분들이 포함되어 있다⁴⁾. 여러 유아용 조제분유들은 유당(lactose), 고품 옥수수 시럽(corn syrup solids), 자당(sucrose), 포도당 다량체(glucose polymer)같은 다른 탄수화물원(原)을 가지고 있으며 단백질원으로는 우유 단백질이나, 우유 단백질에 알레르기가 있는 유아를 위해 대두 단백질과 가수분해된 우유 단백질을 사용하고 있다. 그러나 현재는 이러한 다른 유아용 조제분유들의 우식 유발 잠재성을 비교할 만한 유용한 정보가 없으며 유아용 조제분유를 제조하기 위해 사용되는 우유의 우식 유발성에 대해서도 논쟁이 되고 있다.

Jenkins와 Ferguson⁵⁾은 우유(bovine milk)의 우식에 대한 효과를 연구한 후 우유가 우식을 증진시키지 않는다고 결론지었다. 그들은 미세전극(microelectrode)을 이용한 치태 pH 측정에 관한 *In vivo*/*In vitro*의 법랑질 용해도 연구에 근거하여 우유 내의 탄수화물이 타액내 세균에 의해 산 생성에 사용될 수 있으나 24시간 부화(incubation) 후에 도달된 pH 값은 4% 유당 대조군보다 높다고 보고하였다. 또한 그들은 법랑질에서 용해된 칼슘과 인의 양은 자당 존재시보다 우유의 존재시 훨씬 적

다고 보고하였다. Mor와 McDougall⁶⁾은 5% 자당, 5% 유당, 우유로 린스한 후 미세전극으로 구강내 pH를 측정하고 pH의 떨어짐의 크기, 법랑질이 용해되는 pH까지 걸리는 시간 등을 비교하여 우유가 가장 산 생성이 적다고 보고하였다. 한편 우유의 부정적인 특징도 서술되었는데 Birkhed⁷⁾은 사람에서 유당과 우유의 잦은 섭취후 치태내 산 생성이 증가하며 유당은 세균의 구강내 착상(implantation)을 높여 우식을 일으키고 법랑질을 탈회할 것이라고 주장하였다.

이러한 우유의 우식 유발성에 관한 모순된 실험적 증거를 통해 우유가 복잡한 액체이고 잠재적으로 우식 유발성인 유당 함량과 더불어 우식 발생을 억제할 수 있는 요소를 포함하고 있기 때문에 우유의 우유병 우식증과의 관련성이 복잡하다는 것을 알 수 있다.

최근에는 많은 유아용 조제분유의 개발로 우유의 우식 유발성 평가가 더 어려워졌으며 더우기 우유의 우식 유발성 연구를 위한 국내의 유아용 조제분유와 우식 유발 잠재성과의 관련성 연구는 미비한 실정이다. 대부분의 제조된 국산 유아용 조제분유는 모유와 비슷한 유당 함량을 포함하며, 대두 단백질 유아용 조제분유와 단백질 가수분해 유아용 조제분유에는 유당 대신 자당, 포도당 다량체, 옥수수 시럽 등 다른 당을 함유한다. 저자는 우유 단백질과 당에 의한 국산 유아용 조제분유의 우식 유발 잠재성을 알기 위해 음식의 수소

이온 생성 잠재력이 음식의 우식 유발성과 관련 있음에 근거하여 상업적으로 쉽게 구할 수 있는 6개의 서로 다른 유아용 조제분유(우유 base 유아용 조제분유 3종, 콩 base 유아용 조제분유 1종, 우유 단백질에 알레르기가 있거나 유당 불내증(lactose intolerance)이 있는 유아를 위한 특수 유아용 조제분유 2종)로 구강내 린스후 치태 pH를 평가하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

6개의 유아용 조제분유와 대조로 쓰인 10% 자당 용액 각각에 대해 10명의 성인 지원자(남자 8명, 여자 2명)로 행하였으며 지원자들은 과거의 치과 수복물은 있었으나 현재는 진행중인 우식 병소는 없었다. 실험 대상으로 받아들이기 위한 범주는 다음과 같다.

포함범주: 전신 및 구강 상태가 건강한 사람

제외범주: 항생제 치료를 받는 사람, 구강 건조증이 있는 사람, 유당 불내증이 있거나 우유 알레르기가 있는 사람

2. 연구 방법

대상자는 치태 채취 24시간 전부터 구강 위생(oral hygiene)을 하지 않고 2시간 전부터는 금식하도록 하였다. 5ml의 유아용 조제분유, 10% 자당 용액으로 구강내 린스(mouth rinse)를 하기 전과 1분간 린스한 후에 되도록 비슷한 부위의 상악 협면으로부터 치은 연상 치태를 채취하였다. 이것을 50%의 증류수에 섞어 20~30초간 안정시킨 후 pH 전극(ORION™ 81~35, USA)과 pH 미터(ORION™ 920A, USA)를 이용하여 5분 간격으로 1시간 동안 pH를 측정하였다. 6개의 서로 다른 유아용 조제분유가 주어졌으며 이는 서로 다른 범주를 대표하였고 4개의 일반 유아용 조제분유는 우유병 우식증과 관련된 6~9개월 이상의 아기에 사용하는 유아용 조제분유를 택하였다.

대조군: 10% 자당 용액

실험군 1: 카세인은 가수분해 하지 않음. 유청 단백질은 가수분해. 유당 base.

실험군 2: 카세인은 가수분해 하지 않음. 유청 단

백질은 50% 가수분해. 유당 base.

실험군 3: 카세인의 50%를 가수분해. 유청 단백질은 가수분해 하지 않음. 유당 base.

실험군 4: 카세인과 유청 단백질의 95% 가수분해. 유당 70%, 포도당 다량체 30%.

실험군 5: 카세인 100% 가수분해. 유청 단백질 없음. 옥수수 녹말, 포도당 다량체, 자당 혼합

실험군 6: 대두 단백질(카세인 없음). 포도당 다량체 base

모든 유아용 조제분유는 제조 회사의 지시에 따라 증류수에 섞어 만들었으며 대조군인 10% 자당 용액은 2g의 설탕을 총 50ml가 되도록 증류수에 녹여 만들었다. 각 유아용 조제분유와 자당 용액은 실험전 실온(25°C)에서 바로 만들어 사용하여 pH 측정시 온도 차이에 의한 변이를 줄이고자 하였다.

이 실험에서는 3개의 치태 pH 값을 측정하였다.

1. 린스전 평균 치태 pH: 린스전 채취된 치태의 평균 pH.

2. 린스후 평균 최소 치태 pH: 각 실험군에서 1시간 동안 기록된 가장 낮은 pH의 평균으로서 이것은 음식 종류의 수소 이온 생성 잠재력이 음식의 우식 유발 잠재성과 관련되었기 때문에 기록되었다.

3. 린스 1시간 후의 평균 치태 pH: 이것은 유아용 조제분유에 의한 pH 저하의 추이와 회복 유무를 평가하기 위해 기록되었다.

위의 3가지 항목의 측정값과 린스 전, 후의 pH 차이의 평균을 토대로 one-way ANOVA를 통해 각 실험군간의 비교를 하였고 Sheffe's test로 검증하였으며 paired t-test를 통해 각 실험군의 린스 전, 후의 pH의 비교와 남녀간의 비교를 행하였다.

III. 연구 결과

1. 린스전 평균 치태 pH와 린스후 평균 최소 치태 pH

린스전 평균 치태 pH는 각 실험군에서 유사하였으며 평균값과 표준편차는 6.51 ± 0.19 였다. 또한 각 실험군에서 린스후 평균 최소 치태 pH는 린스전 평균 치태 pH보다 유의성 있게 떨어졌다 ($p < 0.05$) (표 1, 그림 1).

표 1. 각 실험군에서 린스전 평균 치태 pH와 린스 후 평균 최소 치태 pH의 비교(paired t-test, p=0.05)

	린스전 pH	린스후 pH	pH 차이
대조군	6.62±0.13	4.84±0.20*	1.78±0.22
실험군 1	6.44±0.23	5.72±0.33*	0.70±0.24
실험군 2	6.58±0.20	5.70±0.31*	0.81±0.38
실험군 3	6.45±0.15	5.55±0.31*	0.89±0.20
실험군 4	6.50±0.23	5.43±0.25*	1.07±0.11
실험군 5	6.54±0.24	5.38±0.30*	1.16±0.22
실험군 6	6.48±0.18	5.08±0.23*	1.39±0.20

*:p<0.05

2. 린스후 평균 최소 치태 pH의 각 실험군간 비교

린스후 평균 최소 치태 pH는 대조군(10% 자당 용액)이 가장 낮았고 그다음은 실험군 6, 5, 4, 3, 2, 1순이었다(표 1). 대조군은 실험군 1, 2, 3, 4, 5

보다 유의성 있게 낮았고(p<0.05) 실험군 5, 6은 실험군 1, 2, 3보다 유의성 있게 낮았으며(p<0.05) 그밖의 실험군간의 비교에서는 유의성 있는 차이가 없었다(p>0.05)(표 2).

3. 린스전 치태 pH와 린스후 최소 치태 pH의 차이의 평균과 이의 각 실험군간 비교

린스전 치태 pH와 린스후 최소 치태 pH의 차이의 평균은 대조군(10% 자당 용액)이 가장 컸고 그다음은 실험군 6, 5, 4, 3, 2, 1순이었으며(표 1) 각 실험군간 비교에서는 대조군이 실험군 1, 2, 3, 4, 5, 6보다 유의성 있게 컸고(p<0.05) 실험군 6은 실험군 1, 2, 3보다, 실험군 5는 실험군 1, 2보다 유의성 있게 컸으며(p<0.05) 실험군 4는 실험군 1보다 유의성 있게 컸다(p<0.05). 그밖의 실험군간 비교에서는 유의성 있는 차이가 없었다(p>0.05)(표 3, 그림 2).

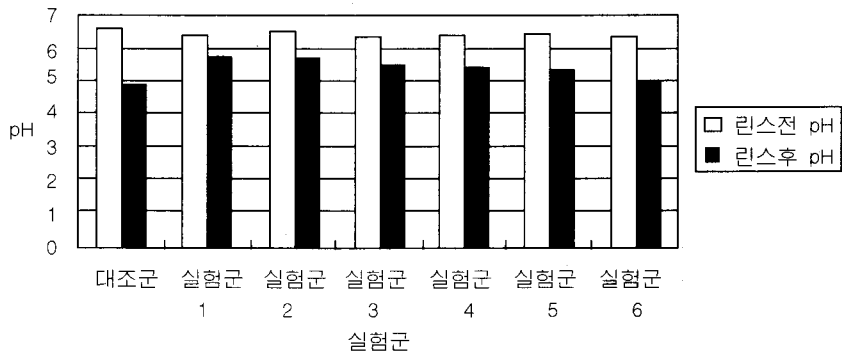


그림 1. 각 실험군에서 린스전 평균 치태 pH와 린스후 평균 최소 치태 pH의 비교

표 2. 린스후 평균 최소 치태 pH의 각 실험군간 비교(ANOVA analysis, Sheffe's test, p=0.05)

	대조군	실험군 1	실험군 2	실험군 3	실험군 4	실험군 5	실험군 6
대조군							
실험군 1	*						
실험군 2	*	NS					
실험군 3	*	NS	NS				
실험군 4	*	NS	NS	NS			
실험군 5	*	*	*	*	NS		
실험군 6	NS	*	*	*	NS	NS	

*:p<0.05, NS:p>0.05

표 3. 린스전 치태 pH와 린스후 최소 치태 pH의 차이의 평균의 각 실험군간 비교(ANOVA analysis, Sheffe's test, p=0.05)

	대조군	실험군 1	실험군 2	실험군 3	실험군 4	실험군 5	실험군 6
대조군							
실험군 1	*						
실험군 2	*	NS					
실험군 3	*	NS	NS				
실험군 4	*	*	NS	NS			
실험군 5	*	*	*	NS	NS		
실험군 6	*	*	*	*	NS	NS	

*:p<0.05, NS:p>0.05

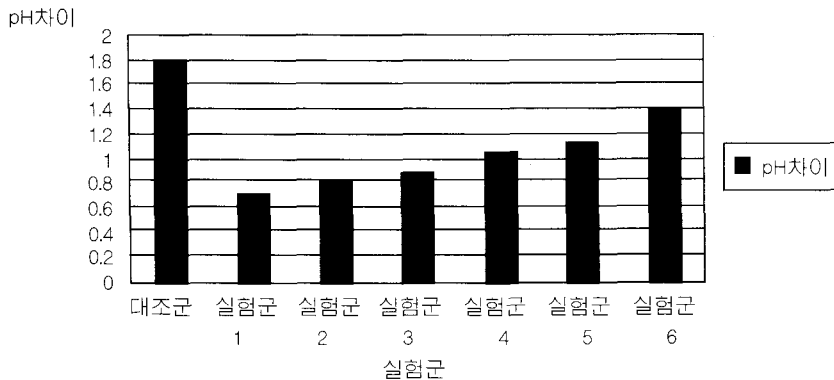


그림 2. 린스전 치태 pH와 린스후 최소 치태 pH의 차이의 평균의 각 실험군간 비교

4. 린스 1시간 후의 평균 치태 pH

린스 1시간 후의 치태 pH는 대부분 각 대상자에서 린스후 최소 치태 pH와 일치하였으며 실험군 1에서는 모두 일치하였고 다른 실험군에서는 소수의 대상자에서 린스 1시간 후의 치태 pH가 린스후 최소 치태 pH보다 약간 높았다. 따라서 린스 1시간 후의 평균 치태 pH는 실험군 1에서는 린스후 평균 최소 치태 pH와 일치하였고 다른 실험군에서는 린스후 평균 최소 치태 pH와 거의 유사하였으나 다소 높았다(표 4). 또한 각 실험군간 비교의 결과는 린스후 평균 최소 치태 pH에서와 같았다.

표 4. 린스 1시간 후의 평균 치태 pH

	린스 1시간 후의 pH
대조군	4.86±0.19
실험군 1	5.72±0.33
실험군 2	5.73±0.25
실험군 3	5.56±0.32
실험군 4	5.45±0.24
실험군 5	5.40±0.32
실험군 6	5.09±0.22

IV. 총괄 및 고찰

어떤 음식의 우식 유발성을 평가하기 위해 여러 방법이 사용되어 왔지만 우유병 우식증은 보통과 다른 조건에서 우식증을 유발하므로 우유병 우식 과정을 조사할 만한 적절한 방법이 없었다. 그러므로 우유병 우식증을 잘 유발시키는, 음식이 고이고 머물러 있게 하는 조건에서 우식에 대한 유아용 조제분유의 잠재적 역할을 평가할 수 있는 모델을 제공하는 것이 필요하다.

어떤 음식의 우식 유발 잠재력을 평가하기 위해 치태의 pH를 측정하는 방법으로는 치태 표본 추출(plaque sampling), touch electrode *in vivo*, pH telemetry *in vivo* 등이 있다⁸⁻⁹⁾. 치태 표본 추출은 음식 섭취후 일정시간 간격으로 반복해서 몇 개의 치아로부터 소량의 치태를 채취해 *in vitro*에서 pH를 측정하는 방법¹⁰⁻¹¹⁾ 실험이 용이한 반면 타액의 영향에 대한 접근이 어렵고 치태의 투과성(permeability)을 변화시키며 접근 가능한 지역의 치태에만 가능하다¹²⁻¹³⁾. touch electrode *in vivo*¹⁴⁾는 유리 pH 전극(glass pH electrode)이나 미세전극을 치아 표면에 직접 대고 치태 pH를 측정하는 것으로 실험이 쉽고 한곳에서 직접적이고 반복적인 측정이 가능하고 어떤 우식 병소에서는 측정이 가능하나 이 역시 치태의 투과성을 변화시키고 접근 가능한 지역의 치태에만 실험 가능하다. 또한 입을 벌리고 하므로 치태가 탈수될 수 있으며 어떤 pH 전극은 치태내 단백질에 의해 오염(poisoning)이 될 수 있는 단점이 있다. pH telemetry *in vivo*¹⁵⁾는 미세전극을 목적인 치아의 협면이나, 인접면에 오도록 ligature wire로 결찰하고 치태가 미세전극 위에 축적되면 wire나 radio transmitter를 미세전극에 연결하여 pH를 측정하는 방법으로 치태의 투과성을 변화시키지 않고 지속적인 측정을 할 수 있으며 우식 호발지역에서도 측정이 가능하고 치아 표면과 치태 사이의 pH를 측정할 수 있다. 그러나 실험이 복잡하고 치열에 적절한 공간이 있어야 하는 대상 선정의 어려움이 있다.

본 실험에서는 Jensen¹⁶⁾이 Frostell에 의해 제안된 원래의 치태 표본 추출 방법을 수정한 것에 따라 한 개의 린스전 치태를 포함하였고 린스후 치태는 유아용 조제분유에 노출 후 바로 모아 1시간 동안

pH를 기록하였다. 이 *In vivo/In vitro* combination technique은 치태 표본을 측정할 때 타액의 pH 완충능에 의한 영향을 줄이기 때문에 밤시간의 수유 후 주로 나타나는 우유병 우식 과정과 비슷했다. 본 실험 결과는 모든 유아용 조제분유의 범주가 린스전 치태보다 유의성 있게 낮은 치태 pH를 생성함을 보여주었다. 특히 대두 단백질 유아용 조제분유(실험군 6), 단백질 가수분해 유아용 조제분유(실험군 5), 카세인과 유청 단백질의 대부분을 가수분해한 유아용 조제분유(실험군 4), 유청 단백질은 가수분해 하지않고 카세인만 50% 가수분해한 유아용 조제분유(실험군 3)는 모두 critical pH(Swiss system)인 5.7 이하로 pH를 떨어뜨렸다. critical pH의 개념은 1930년대와 1940년대에 공식화되었으며 서로 다른 critical pH의 평가가 5.7에서 5.5의 범위에 있었다. Muhlemann과 Imfeld¹⁷⁾는 그들의 “우식에 대해 안전한 치아”의 결정에 대한 근거로 pH 5.7을 선택하였다. 여러 임상 경험과 실험들은 Swiss system에 의해 치아에 대해 안전하다고 판정된 산물이 우식을 촉진시키는 것은 없다고 보고하였다. 그러므로 이 연구에서도 critical pH로 5.7을 선택하였으며 이 실험의 결과는 유아용 조제분유가 산 생성적임을 보여주었으며 이는 우유가 범람질 탈회에 대한 적당한 기질이라고 한 Brown등¹⁸⁾의 주장과 일치하였다. 어떤 대상자에서는 린스후 pH가 초기에는 다소 상승한 후 다시 점점 내려갔는데 이는 우유의 탄수화물에서부터 생성된 산에 비교해서 비단백 질소의 이화작용(catabolism)에 의한 알칼리성 최종 산물의 빠른 생성 때문으로 생각된다. 다른 결과를 보인 연구도 있어 Reynolds와 Johnson¹⁹⁾은 우유는 유당의 우식 유발성을 방해하는 항 우식 요소를 가졌다고 하였고 McDougall²⁰⁾, Weiss와 Bibby²¹⁾ 등은 우유가 구강내의 산을 완충하고 치아를 재석회화시키며 치아에 피막형성(coating)을 하여 보호하고 아미노산의 deamination, decarboxylation으로 높은 pH를 유지한다고 주장하면서 우유내의 단백질, 인, 칼슘 등이 이러한 역할을 한다고 하였다.

이 실험에서는 또한 각 범주의 유아용 조제분유를 안정시의 pH와 상관없이 서로 비교하기 위해 린스전 치태 pH와 린스후 최소 치태 pH의 차이의 평균을 구하였는데, 10% 자당 대조군은 유아용 조

제분유보다 유의성 있게 치태 pH를 낮추었고 카세인이 없는 대두 단백질 유아용 조제분유는, 유청 단백질의 가수분해 유무와 관련없이 카세인을 가수분해하지 않거나 가수분해 안된 카세인이 어느정도 있는 유아용 조제분유보다 유의성 있게 큰 린스전, 후의 pH의 차이를 보였다. 또한 유청 단백질이 없이 카세인을 100% 가수분해한 유아용 조제분유는 카세인의 50%를 가수분해한 유아용 조제분유와는 린스전, 후의 pH 차이에서 유의성 있는 차이를 보이지 않았으나 카세인을 가수분해 하지 않은 유아용 조제분유와는 유의성 있는 차이를 보였다. 이는 카세인의 유무가 우유에 의한 치태의 pH의 저하 방지에 관련이 있음을 보이며 카세인을 가수분해하면 그 작용이 줄어든다는 것을 알 수 있다. 이는 많은 이전의 연구들이 우유의 항 우식 작용의 요소로 카세인을 든 것과 일치하는 결과이다. 카세인은 우유 단백질의 85%를 차지하며, 칼슘과 연결된 인단백(phosphoprotein)으로서 micelle 상태로 존재하며 높은 산 완충능을 갖는다²³⁾. Glimcher²³⁾, Bernardi²⁴⁾ 등은 카세인이 범랑질의 인단백과 아미노산 구성이 비슷하여 수산화인회석(Hydroxyapatite)에 높은 친화력을 갖고 있어 다른 음식의 인단백보다 더 항 우식 기능이 높다고 하였다. 또한 Bibby²⁵⁾은 우유가 산 생성적임에도 불구하고 우식을 줄일 수 있는 것은 우유에 들어있는 범랑질 보호인자, 즉 카세인이 치태의 pH보다 더 중요한 우식의 조절인자이기 때문이라고 하였다. 조와 이²⁶⁾는 우유와 두유의 치아 범랑질 탈회력에 대한 연구에서 두유가 우유보다 유의성 있게 큰 범랑질 탈회력을 갖는다고 보고하였다. 그 밖에 카세인의 항 우식 작용 기전으로 Van Epps²⁷⁾은 사람의 중성구(neutrophil)와 단핵구(monocyte)에 대한 화학주성(chemotactic action)을 들었고 Golub²⁸⁾은 사람의 다형 중성 림프구(PMN)에 대한 화학주성을 들었다. 우유내에는 카세인 외에도 항 우식 기전과 관련된 단백질로 유청 단백질(whey protein)이 있다. 이 실험에서는 카세인과 유청 단백질을 95% 가수분해한 유아용 조제분유를 카세인을 50% 가수분해하고 유청 단백질을 분해하지 않은 유아용 조제분유, 카세인은 가수분해하지 않고 유청 단백질을 각각 100%, 50% 가수분해한 유아용 조제분유와 비교하였는데 카세인과 유

청 단백질을 95% 가수분해한 유아용 조제분유는 유청 단백질을 100% 가수분해한 유아용 조제분유와의 비교에서만 유의성 있는 차이를 보이고 유청 단백질을 50% 가수분해 하거나 가수분해하지 않은 유아용 조제분유와는 유의성 있는 차이를 보이지 않은 것으로 보아 유청 단백질보다는 카세인이 치태 pH 변화에 더 영향을 주는 조절인자임을 알 수 있다. 이전의 연구에서도²⁹⁾ 유청 단백질은 열구 우식에 대해서는 항 우식 작용이 있었으나 평활면 우식에 대해서는 유의성 있는 항 우식 작용을 보이지 않았다.

린스 1시간 후의 평균 치태 pH는 유아용 조제분유에 의한 pH의 저하의 추이와 회복 유무를 평가하기 위해 기록하였는데 실험군 1에서는 대상자 모두에서 린스 1시간 후의 치태 pH가 린스후 최소 치태 pH와 일치하여 그 평균값이 같았고 다른 실험군에서는 소수의 대상자에서 린스 1시간 후의 pH가 린스후 최소 치태 pH보다 약간 높아 결과적으로 그 평균값은 다소 올라갔으나 미약한 정도였다. 어떤 음식을 섭취한 후 구강내 pH는 계속 감소하여 critical pH 이하로 내려갔다가 대부분은 40분 정도가 지나면 원래의 pH를 회복하게 됨은 지지하는 사실이다. 따라서 이 실험에서는 타액의 영향을 배제한 상태에서 유아용 조제분유의 치태 pH에 대한 영향을 평가하기 위해 1시간 동안 치태 pH를 측정하였으며 대부분의 측정에서는 1시간 후에도 계속적인 pH의 저하가 예상되어 추후에 더 장시간에 걸친 평가가 필요하다고 사료된다.

이 실험의 결과들은 또한 탄수화물의 종류와도 관련이 있는 것으로 보여진다. 유당 불내증이 있거나 우유 단백질에 알레르기가 있는 유아를 위해 생산되는 유아용 조제분유(실험군 5), 우유 단백질에 알레르기가 있는 어린이를 위해 생산되는 유아용 조제분유(실험군 4)는 둘다 탄수화물로서 포도당 다량체를 포함하고 있으나 실험군 4는 유당을, 실험군 5는 자당을 포함하고 있다. 두 실험군에서는 유의성 있는 차이를 보이지는 않았지만 실험군 5가 더 큰 pH 변화를 보였으며 두 실험군의 단백질에는 큰 차이가 없음을 보면 자당을 포함한 음식이 유당을 포함한 음식보다 더 우식 유발성이라고 주장한 이전의 연구³⁰⁻³¹⁾와 비슷한 결론을 내릴 수 있다. Neff⁴⁾는 5% 자당 용액으로 린

스한 후의 치태 pH의 떨어짐이 5% 유당으로 린스한 경우보다 약간 빠르고 많음을 보였고 Tamura 등²⁰⁾은 자당이 다른 당보다 더 많은 양의 치태 부착을 일으키므로 유아용 조제분유의 당으로 자당 대신 유당, sorbitol 등을 함유시킬 것을 주장하였다.

국외에서는 저열 처리한 우유나 유아용 조제분유와 치아 우식과의 관련성에 대해서도 많은 논란이 있었다. McClure³³⁻³⁴⁾는 건조 우유의 우식 유발 잠재력이 우유의 건조과정에 있는 열처리 심도와 비례한다고 했고 Bavetta와 McClure³⁵⁾는 열처리 건조 우유를 포함한 음식의 우식 유발성을 lysine의 부족으로 설명했다. 한편 Mauron 등³³⁾은 건조 분유의 열처리는 우식의 빈도 및 심도에 영향을 주지 않으며 lysine과 우식 유발성 역시 상관없다고 하였다. 이 실험에서도 저열 처리한 유아용 조제분유(실험군 2)가 하나 있었는데 비슷한 성분 조성의 다른 열처리된 유아용 조제분유와 유의성 있는 치태 pH의 변화를 보이지는 않았다.

우유 내의 불소가 치태 pH에 미치는 영향에 대한 이전의 연구^{6,18)}에서는 우유와 불소의 혼합액으로 린스한 경우가 우유만으로 린스한 경우보다 치태 pH의 저하가 작았다고 보고하였고 김³⁶⁾은 콩 base 유아용 조제분유의 불소 농도가 우유 base 유아용 조제분유의 불소농도보다 유의성 있게 크다고 보고하였는데 이 연구에서는 콩 base 유아용 조제분유가 우유 base 유아용 조제분유보다 더 큰 pH 저하를 나타냈다. 이러한 연구와 이 실험의 결과로부터 이 실험에서는 유아용 조제분유 내의 불소 함량이 큰 영향을 미치지 않았다고 사료된다.

각 측정 항목에 대한 성별 비교는 대상자중 여성의 비율이 부족하여(2명) 통계 분석에 대한 신뢰도를 논할 수 없었으나 성별 차이가 유의하지 않았으며 다른 연구들도 대부분 비슷한 결과를 보고하였고 차이가 있다면 남녀의 음식의 종류, 빈도, 양의 차이에 기인할 것이라고 결론을 내렸다.

이 실험은 많은 소아치과 환자들이 우유병 우식증을 경험하고 있음에도 불구하고 아직까지 국내에서 시판되는 유아용 조제분유와 치아 우식증, 특히 우유병 우식증과의 관련성에 대한 연구가 미비한 실정에서 우식 유발 잠재성과 연관되는 것으로 알려진, 유아용 조제분유에 의한 치태의 pH 변화

를 관찰, 비교함으로써 단백질, 탄수화물 등 우식 유발성과 관련된 우유 성분의 역할 연구의 한 부분이 되고 유아용 조제분유에 의한 우유병 우식증의 위험에 접근하기 위해 행해졌다. 현재까지의 연구들을 토대로 국내에서도 유아용 조제분유에 대한 평가와 우식 유발성을 최소로 하는 유아용 조제분유의 개발과 이에 대한 소아치과 의사의 역할이 있어야 하겠다.

V. 결 론

저자는 유아용 조제분유와 우유병 우식증과의 관련성과 우유 단백질과 당에 의한 유아용 조제분유의 우식 유발 잠재성을 평가하기 위해 국내에서 시판되는 6개의 서로 다른 국산 유아용 조제분유(우유 base 유아용 조제분유 3종, 콩 base 유아용 조제분유 1종, 우유 단백질에 알레르기가 있거나 유당 불내증(lactose intolerance)이 있는 유아를 위한 특수 유아용 조제분유 2종)를 대상으로 *In vivo/In vitro* combination technique을 이용하여 각 유아용 조제분유로 구강내 린스 후 치태 pH 변화에 대한 영향을 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시판되는 각기 다른 범주에 속하는 6개의 유아용 조제분유는 모두 치태의 pH를 유의성 있게 떨어뜨렸으며($p < 0.05$) 린스 1시간 후에도 대부분의 대상자에서 치태 pH는 회복되지 않았다.
2. 카세인을 함유하지 않은 콩 base 유아용 조제분유와 카세인 가수분해 유아용 조제분유는 카세인을 함유한 우유 base 유아용 조제분유보다 치태의 pH를 유의성 있게 더 많이 떨어 뜨렸다($p < 0.05$).
3. 유아용 조제분유 내의 우유 단백질 중 유청 단백질보다는 카세인이 치태 pH 변화의 완화에 더 영향을 미치는 것으로 보이며 카세인을 가수분해한 유아용 조제분유에서는 이러한 카세인의 영향이 줄어들었다.
4. 단백질 조성이 비슷한 상태에서 자당(sucrose)을 포함한 유아용 조제분유는 유당(lactose)을 포함한 유아용 조제분유보다 치태 pH를 더 떨어 뜨렸으나 유의성 있는 차이는 없었다($p > 0.05$).

참고문헌

1. Babeely K, Husein J, Behbahanj J, Al-Zaabi F, Maher T, Tavares M, Soparker P, Depaolar P: The relationship between severity of nursing bottle caries and feeding patterns. *J Dent Res* 66: 327(abstr 1763), 1987.
2. Kroll RG, Stone JH: Nocturnal bottle feeding as a contributory cause of rampant caries in the infant and young child. *J Dent Child* 34:454-459, 1967.
3. Louis W Ripa: nursing caries. A comprehensive review. *Pediatric Dentistry*, vol. 10 no. 4:268-281, 1988.
4. American Academy of Pediatrics, Committee on Nutrition, 1960: Composition of milk. *Pediatr* 26 :1039.
5. Jenkins GN, Ferguson DB: Milk and dental caries. *Br Dent J* 120:472-477, 1966.
6. Mor BM, McDougall WA: Effect of milk on pH of plaque and salivary sediment and the oral clearance of milk. *Caries Res* 11:223-230, 1977.
7. Birkhed D, Ohlsson A, Svenson C, Edwardsson S, Imfeld T: Milk and lactose acid production in human dental plaque. *J Dent Res* 60 1245, 1981(abstr 6).
8. A. Smit, M. Pollad, P. Cleaton-Jones, A. Preston: A comparison of three electrodes for the measurement of pH in small volumes. *Caries Res* 31:55-59, 1997.
9. M.E. Jensen, P.J. Polansky and C.F. Schachtele: Plaque sampling and telemetry for monitoring acid production on human buccal tooth surface. *Arch Oral Biol* vol.27:21-31, 1982.
10. Frostell G: Effect of milk, fruit juice, and sweetened beverage on the pH of dental plaque. *Acta Odonto Scand*:609-622, 1970.
11. A.F. Hall, S.L. Creamor, R. Strang, R. Foye: Determination of plaque pH change within the trough of an in situ appliance used to study mineral change in early caries lesions. *Cries Res* 31:50-54, 1977.
12. P. Lingstrom, T. Imfeld, D. Birkhed: A comparison of three different methods for measurement of plaque pH in humans after consumption of soft bread and potato chips. *J Dent Res* 72:865-870, May, 1993.
13. C.F. Schachtele and M.E. Jensen: A comparison of methods for monitoring change in the pH of human dental plaque. *J Dent Res* 61(10):1117-1125, oct 1982.
14. Neff D: Acid production from different carbohydrate source in human plaque in situ. *Caries Res* 1:78-87, 1967.
15. Muhlemann: Intra-oral radio telemetry. *Int Dent J* 21:456-465, 1971.
16. Jensen ME: Human dental plaque pH following exposure to fermentable carbohydrate. Ph. D. thesis at university of minesota, 1982.
17. Muhlemann HR, Imfeld T: Evaluation of food cariogenicity by plaque pH telemetry. *Food, Nutrition and Dental health*, vol.1, Hefferen JJ, Koehler HM, Eds, Chicago: Pathotox, 151-154, 1981.
18. Brown CR, Crawford JJ, McIver FT, Taylor DF: Effect of milk and fluoridated milk on bacterial enamel demineralization. *J Dent Res* 56: B210, 1977(abstr 632).
19. E.C. Reynolds and I.H. Johnson: Effect of milk on caries incidence and bacterial composition of dental plaque in the rat. *Arch Oral Biol* vol. 26:445-451, 1981.
20. McDougall W.A.: Effect of milk on enamel demineralization and remineralization in vitro. *Caries Res* 11:166-172, 1977.
21. Weiss M.E. and Bibby B.G.: Effect of milk on enamel solubility. *Arch Oral Biol* 11:49-57, 1966.
22. Hipp N.J., Croves H.L., and McMeekin T.L.: Acid-base titration, viscosity and density of α -, β -, γ -casein. *J. Am. Chem. Soc.* 74:4822-4826, 1952.
23. Glimcher M.J. and Krane S.M.: The identifica-

- tion of serine phosphate in enamel proteins. *Biochem Biophys Acta* 90:477-483, 1964.
24. Bernardi G.: Chromatography of proteins on hydroxyapatite. *Methods in Enzymology* vol. XXII:325-339, Academic Press, New York, 1971.
 25. B.G. Bibby, C.T. Huang, D. Zero, S.A. Mundorff, M.F. Little: Protective effect of milk against in vitro caries. *J Dent Res* oct:1565-1570, 1980.
 26. 조선아, 이광희: 우유, 모유, 두유의 치아 법랑질 탈회력에 대한 생체의 비교 연구. *대한 소아치과학회지* vol.21 no.1:350-361, 1994.
 27. Van Epps D.E., Bankhurst A.D. and Williams R.C.Jr: Casein-mediated neutrophil chemotaxis: A parallel between surface binding and chemotaxis. *Inflammation* 2:115-123, 1977.
 28. Golub L.M., Iacono V.J., Nicoll G., Ramamurphy N. and Kaslick R.S.: The response of human sulcular leukocytes to a chemotactic challenge. *J Periodont Res* 16:171-179, 1981.
 29. E.C. Reynolds and A. del Rio: Effect of casein and whey protein solutions on caries experience and feeding patterns of the rat. *Arch Oral Biol* vol. 29 no. 11:927-933, 1984.
 30. Aram Y. Balekjian, R.W. Longton, J.S. Cole and M.S. Guidry: The effect of disaccharide on the plaque-forming potential of *S. Mutans*. *J Dent Res* 56:1359-1363, nov 1977.
 31. R.A. Scheminell, K. Krohn-Lutz, P. Lynch and J.J. Kabara: Influence of dietary disaccharides on mouth microorganisms and experimental dental caries in rats. *Arch Oral Biol* vol. 27:435-441, 1982.
 32. S. Tamura, Y. Matsumoto and K. Hattori: A study of control of experimental dental caries development by alteration of sugar composition in milk formula. *Bull. Tokyo Dent. Coll.*, vol.21 no.1:35-40, 1980.
 33. S. Dreizen, J.O. G. Dreizen, and R.E. Stone: The effect of cow's milk on dental caries in the rat. *J dent Res*:1025-1028, sept, 1961.
 34. McClure F.J.: Dietary factors in experimental rat caries, in *Experimental Caries Research*, ed. R.F. Sognnaes, p107, Baltimore: Waverly Press, Inc, 1955.
 35. Bavetta L.A. and McClure F.J.: Protein factors and experimental rat caries. *J. Nutrition* 63:107, 1957.
 36. 김정옥: 각종 분유내의 불소 농도와 영아 불소 섭취에 대한 연구. *대한소아치과학회지* vol.22 no.1:1-14, 1995.